



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 31 250 A 1**

⑮ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 02 J 7/00**  
B 60 L 11/18  
H 01 M 10/44  
G 01 R 31/36

⑲ Aktenzeichen: 197 31 250.0  
⑳ Anmeldetag: 21. 7. 97  
㉑ Offenlegungstag: 29. 1. 98

DE 197 31 250 A 1

⑳ Unionspriorität:

8-212031 22.07.96 JP

㉒ Anmelder:

Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP

㉔ Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

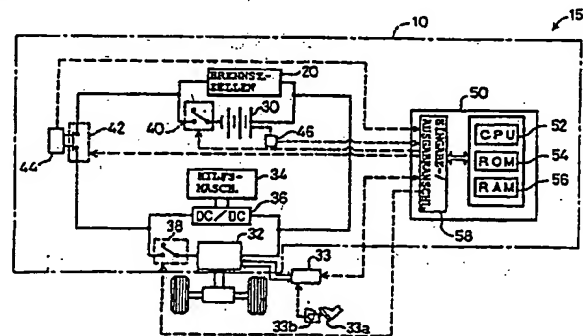
㉖ Erfinder:

Nonobe, Yasuhiro, Aichi, Nishikamo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Energieversorgungssystem, elektrisches Fahrzeug mit daran angebrachten Energieversorgungssystem und Verfahren zum Aufladen einer bei dem Energieversorgungssystem enthaltenen Speicherbatterie

⑤⑦ Ein Energieversorgungssystem (10) mit einem Brennstoffzellenstapel (20) und einer Speicherbatterie (30) weist eine Restladungsüberwachungseinrichtung (48) zur Messung der Restladung der Speicherbatterie (30) auf. Die Restladungsüberwachungseinrichtung (48) erfaßt die Restladung der Speicherbatterie (30) zum Zeitpunkt eines Stoppvorgangs des Energieversorgungssystems (10). In dem Fall, daß die Restladung der Speicherbatterie (30) nicht größer als ein vorbestimmter Pegel ist, laden die Brennstoffzellen (20) kontinuierlich die Speicherbatterie (30) auf, bis die Restladung den vorbestimmten Pegel erreicht. Das Energieversorgungssystem (10) wird gestoppt, nachdem der Aufladevorgang der Speicherbatterie (30) vollendet worden ist. Beim nächsten Start des Energieversorgungssystems arbeitet die Speicherbatterie (30) als Hauptenergiequelle zum Abgeben elektrischer Leistung an eine Belastung, bis das Aufwärmen der Brennstoffzellen (20) abgeschlossen ist.



DE 197 31 250 A 1

Die Erfindung betrifft ein Energieversorgungssystem, ein elektrisches Fahrzeug, bei dem das Energieversorgungssystem daran angebracht ist, und ein Verfahren zum Aufladen einer bei dem Energieversorgungssystem enthaltenen Speicherbatterie. Genauer betrifft die Erfindung eine Technik zur Beibehaltung der Restladung einer Speicherbatterie auf oder oberhalb eines vorbestimmten Pegels bei einem Energieversorgungssystem mit Brennstoffzellen und der Speicherbatterie.

Ein vorgeschlagenes Energieversorgungssystem weist Brennstoffzellen und Speicherbatterien als Energiequellen auf, wobei die Brennstoffzellen die Speicherbatterien aufladen und die auf einen ausreichenden Pegel aufgeladenen Speicherbatterien elektrische Leistung an eine Belastung (Last) abgibt (beispielsweise japanische Offenlegungsschrift No. 6-124720). Dieses Energieversorgungssystem weist eine Vielzahl von Speicherbatterien auf, von denen eine mit der Belastung verbunden ist, während eine andere mit den Brennstoffzellen verbunden ist. Die Speicherbatterie mit geringerer Restladung wird durch die Brennstoffzellen aufgeladen, während die andere Speicherbatterie elektrische Leistung an die Belastung abgibt. Dieser Aufbau gewährleistet einen ausreichenden Ladezustand der mit der Belastung verbundenen Speicherbatterie, wodurch der Belastung wie einem Antriebsmotor eines elektrischen Fahrzeugs stabil elektrische Leistung zugeführt wird.

Da das vorgeschlagene Energieversorgungssystem eine Vielzahl von Speicherbatterien aufweist, ist jedoch ein relativ großer Raum zum Einbau des Energieversorgungssystems erforderlich. Insbesondere verringert bei Verwendung des Energieversorgungssystems bei einem Fahrzeug als Energiequelle für einen Motor zum Antrieb des Fahrzeugs das relativ sperrige Energieversorgungssystem in dem beschränkten Raum eines Fahrzeugs unerwünscht den Freiheitsgrad bei dem Entwurf des Fahrzeugs.

Zu jedem Zeitpunkt ist jeweils nur eine Speicherbatterie mit der Belastung verbunden. Somit ist es erforderlich, daß jede der Speicherbatterien eine Toleranzkapazität bzw. eine Kapazität mit einem Spielraum aufweisen, um ausreichende Ausgangsleistungen in dem Fall beispielsweise eines abrupten Anstiegs bei der Last zum Zeitpunkt des Startens des Fahrzeugs oder des Aufwärtsfahrens einer Schräge zu gewährleisten. Der Anstieg bei der Kapazität der Speicherbatterie führt jedoch zu einem Anstieg des Gewichts. In einigen Fällen ist es deshalb unmöglich, eine Vielzahl von Speicherbatterien mit einer ausreichenden Kapazität an dem Fahrzeug anzubringen.

Zur Verringerung der Größe des herkömmlichen Energieversorgungssystems ist ein verbesserter Aufbau vorgeschlagen worden, der eine Vielzahl von Speicherbatterien aufweist und ermöglicht, daß die Speicherbatterien umgeschaltet werden können und abwechselnd elektrische Leistung der Belastung zuführen können. Dieser verbesserte Aufbau weist Brennstoffzellen und eine Speicherbatterie auf, die parallel zueinander geschaltet sind, und ermöglicht, daß zumindest entweder die Brennstoffzellen oder die Speicherbatterie der Belastung Leistung zuführen. In dem Fall, daß die Belastung kleiner als ein vorbestimmter Pegel ist und die Brennstoffzellen eine Toleranzausgangsleistung aufweisen, können die Brennstoffzellen die Speicherbatterie bei Antrieb der Belastung aufladen. In dem Fall, daß die

Belastung größer als ein vorbestimmter Pegel ist, arbeiten sowohl die Brennstoffzelle und die Speicherbatterie zum Antrieb der Belastung. Dieser Aufbau verringert die erforderliche Kapazität für die Speicherbatterie, wodurch die Größe des Energieversorgungssystems verringert wird.

Bei dem Energieversorgungssystem dieses Aufbaus, der die Verringerung der Größe ermöglicht, können die Eigenschaften der Brennstoffzellen und der Ladezustand der Speicherbatterie Probleme beim Start des Energieversorgungssystems verursachen. Die Brennstoffzellen erzeugen eine elektromotorische Kraft durch elektrochemische Reaktionen und erreichen somit allgemein nicht die erforderlichen Ausgangsleistungen oder die erforderliche Stabilität bei Raumtemperatur zum Startzeitpunkt. Polymer-Elektrolyt-Brennstoffzellen verwirklichen beispielsweise eine hohe Ausgangsleistung und eine stabile Energieerzeugung in dem Temperaturbereich von 80°C bis 100°C. Dementsprechend ist es erforderlich, die Brennstoffzellen aufzuwärmen und die innere Temperatur der Brennstoffzellen zum Startzeitpunkt zu erhöhen.

Bei dem Energieversorgungssystem mit den Brennstoffzellen verursacht in dem Fall, daß die Speicherbatterie eine kleine Restladung zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems aufweist, eine nicht ausreichende Ausgangsleistung aus der Speicherbatterie, daß die Brennstoffzellen einer hohen Belastung ausgesetzt werden. Fig. 10 zeigt einen Graphen, der schematisch die Ausgangskennlinien darstellt, die die Beziehung zwischen der Spannung und dem elektrischen Strom zum Zeitpunkt der Energieerzeugung der Brennstoffzellen wiedergeben. Bei dem Energieerzeugungsvorgang durch die Brennstoffzellen, die sich in einem stationären Zustand befinden und somit normal betrieben werden, können die Brennstoffzellen hohe Spannungen über einen relativ breiten Bereich elektrischen Stromes ausgeben, auch wenn die Spannung mit dem Anstieg des elektrischen Stromes allmählich absinkt. In dem Fall, daß die Brennstoffzellen noch nicht den stationären Zustand erreicht haben, fällt die Spannung demgegenüber abrupt mit dem Anstieg des aus den Brennstoffzellen ausgegebenen elektrischen Stromes ab. Wenn die Speicherbatterie eine unzureichende Restladung zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems hat, werden die Brennstoffzellen einer extremen Belastung ausgesetzt, die einen Spannungsabfall und Beschädigung der Funktion der Brennstoffzellen als die Energiequelle verursachen können.

Ein übermäßiger Fluß elektrischen Stroms durch die Brennstoffzellen bei dem unzureichenden Aufwärmzustand verursacht sowohl einen Spannungsabfall wie auch eine ungleichmäßige Energieerzeugung in den jeweiligen den Brennstoffzellenstapel bildenden Einheitszellen, was zu einem anormalen Phänomen wie eine Polwechsel bei einem Teil der Einheitszellen führt. Der Polwechsel ist ein Phänomen, das die Anode und die Kathode bei den Zellenreaktionen vertauscht. Ein derartiges anomales Phänomen führt zu einer instabilen Spannung und verursacht, daß Energie, die nicht in elektrische Energie umgewandelt worden ist, als thermische Energie freigegeben wird, und teilweise die Temperatur der Brennstoffzellen erhöht. Der teilweise Temperaturanstieg beschädigt die Elemente der Brennstoffzellen und verkürzt die Lebensdauer der Brennstoffzellen.

Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine ausreichende Ausgangsleistung ohne Erhöhung der Größe eines Energieversorgungssystems zu gewährlei-

sten. Dabei soll eine stabile Ausgangsleistung zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems gewährleistet werden. Außerdem wird angestrebt, ein Energieversorgungssystem, ein elektrisches Fahrzeug mit dem daran befestigten Energieversorgungssystem und ein Verfahren zum Aufladen einer in dem Energieversorgungssystem enthaltenen Speicherbatterie zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch die in den beiliegenden Patentansprüchen angegebenen Maßnahmen gelöst.

Zumindest ein Teil der vorstehend beschriebenen Aufgabe und anderer darauf bezogener Ziele wird durch ein Energieversorgungssystem mit einem Brennstoffzellenstapel und einer Speicherbatterie gelöst, wobei zumindest entweder der Brennstoffzellenstapel oder die Speicherbatterie elektrische Leistung an eine Belastung abgibt. Das erfindungsgemäße Energieversorgungssystem weist eine Restladungserfassungseinrichtung zur Erfassung einer Restladung der Speicherbatterie und eine Aufladeeinrichtung auf, die ermöglicht, wenn die durch die Restladungsüberwachungseinrichtung erfaßte Restladung der Speicherbatterie geringer als ein vorbestimmter erster Pegel zum Zeitpunkt eines Stoppvorgangs des Energieversorgungssystems ist, daß der Brennstoffzellenstapel die Speicherbatterie auflädt, bis die Restladung der Speicherbatterie einen vorbestimmten zweiten Pegel erreicht.

Bei dem Energieversorgungssystem der Erfindung laden die Brennstoffzellen zum Zeitpunkt des Stoppens des Energieversorgungssystems kontinuierlich die Speicherbatterie auf, bis die Restladung der Speicherbatterie einen vorbestimmten zweiten Pegel erreicht. Beim nächsten Start des Energieversorgungssystems kann somit die Speicherbatterie mit einer ausreichenden Restladung als primäre Energiequelle zum Betrieb der Belastung arbeiten. Der Aufbau der Erfindung verhindert wirksam, daß die Brennstoffzellen aufgrund einer unzureichenden Ausgangsleistung der Speicherbatterie zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems einer übermäßigen Belastung ausgesetzt werden. Dies verhindert dementsprechend Probleme aufgrund der übermäßigen Belastung wie einen Spannungsabfall, einen Polwechsel und eine anormale Hitzeabgabe, die die Brennstoffzellen beeinträchtigen.

Die Restladungserfassungseinrichtung kann eine Spannungsüberwachungseinrichtung zur Messung der Spannung zwischen Anschlüssen bei der Speicherbatterie, ein SOC-Meter zum Sammeln der Ladungen und Entladungen der Speicherbatterie zur Bestimmung (analogen Bestimmung) der Restladung, oder ein Aufbau zum Messen der Dichte einer elektrolytischen Lösung in der Speichereinrichtung zur Bestimmung (analogen Bestimmung) der Restladung sein.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung weist die Restladungserfassungseinrichtung Strommeßeinrichtungen zum Messen von zumindest zweier elektrischer Ströme, die aus einem aus der Speicherbatterie ausgehenden elektrischen Speicherbatteriestrom, einem aus dem Brennstoffzellenstapel ausgehenden elektrischen Brennstoffzellenstrom und einem gesamten elektrischen Strom, der die Summe des elektrischen Speicherbatteriestroms und des elektrischen Brennstoffzellenstroms ist, ausgewählt sind, und eine Restladungsbestimmungseinrichtung zur Bestimmung der Restladung der Speicherbatterie auf der Grundlage der durch die Strommeßeinrichtungen gemessenen elektrischen Ströme auf.

Dieser Aufbau wendet ein einfaches Verfahren an,

das die elektrischen Ströme zur Erfassung der Restladung der Speicherbatterie zum Zeitpunkt des Stoppvorgangs des Energieversorgungssystems mißt. Im Gegensatz zu der Spannungsüberwachungseinrichtung erfordert dieser die durch den Stromkreis fließenden Ströme messender Aufbau keine Steuerung zum zeitweiligen Unterbrechen der Verbindung der Speicherbatterie mit den Brennstoffzellen zum Aufladen der Speicherbatterie. Im Gegensatz zu dem Aufbau, der die Dichte einer elektrolytischen Lösung mißt, erfordert dieser Aufbau kein besonderes an die Speicherbatterie anzubringendes Meßinstrument. Dieser Aufbau bestimmt die Restladung der Speicherbatterie lediglich auf der Grundlage der durch die elektrischen Strommeßeinrichtungen gemessenen elektrischen Ströme. Im Gegensatz zu dem SOC-Meter erfordert dieser Aufbau keine Sammlung der vergangenen Daten der Speicherbatterie und ist deshalb frei von einem Fehler aufgrund der vergangenen Daten hinsichtlich des Aufladens und Entladens der Speicherbatterie.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung weist die Aufladeeinrichtung eine Ausgabebedingungs-Spezifizierungseinrichtung zur Spezifizierung einer Ausgabebedingung des Brennstoffzellenstapels auf der Grundlage der durch die Restladungserfassungseinrichtung erfaßten Restladung der Speicherbatterie bei dem Aufladevorgang der Speicherbatterie durch den Brennstoffzellenstapel und eine Energieerzeugungssteuerungseinrichtung zum Ermöglichen auf, daß der Brennstoffzellenstapel elektrische Energie aufgrund der durch die Ausgabebedingungs-Spezifizierungseinrichtung spezifizierten Ausgabebedingungen erzeugt.

Das Energieversorgungssystem dieses bevorzugten Aufbaus ermöglicht, daß die Brennstoffzellen eine Energieerzeugung entsprechend einer Ausgabebedingung ausführen, die aufgrund der Restladung der Speicherbatterie spezifiziert ist. Dieser Aufbau ermöglicht, daß die Speicherbatterie wirksam innerhalb einer kurzen Zeitdauer aufgeladen wird. Dieser Aufbau ermöglicht ebenfalls die Justierung der erforderlichen Strömungen von den Brennstoffzellen zuzuführenden Gasen.

Die Erfindung ist außerdem auf ein elektrisches Fahrzeug gerichtet, das einen durch elektrische Energie in Drehung versetzten Motor und eine Einrichtung zum Übertragen eines Drehmoments auf eine Achse aufweist, wodurch eine Antriebskraft für das Fahrzeug erzeugt wird. Bei dem elektrischen Fahrzeug ist das vorstehend beschriebene Energieversorgungssystem daran angebracht, wobei der Motor durch Abgabe elektrischer Leistung aus dem Energieversorgungssystem angetrieben wird.

Bei dem elektrischen Fahrzeug der Erfindung laden die Brennstoffzellen zum Zeitpunkt des Stoppvorgangs des an dem elektrischen Fahrzeug angebrachten Energieversorgungssystem kontinuierlich die Speicherbatterie auf, bis die Restladung der Speicherbatterie einen vorbestimmten zweiten Pegel erreicht. Beim nächsten Start des Energieversorgungssystems zum Antrieb des elektrischen Fahrzeugs kann somit die Speicherbatterie mit einer ausreichenden Restladung als primäre Energiequelle zum Antrieb des Motors und anderer Lasten arbeiten. Der Aufbau der Erfindung verhindert wirksam, daß die Brennstoffzellen aufgrund einer unzureichenden Ausgangsleistung der Speicherbatterie zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems einer übermäßigen Belastung ausgesetzt werden. Dies verhindert dementsprechend Probleme aufgrund einer übermäßigen Belastung wie einen Spannungsabfall, ei-

nen Polwechsel und eine anormale Wärmeabgabe zur Verschlechterung der Brennstoffzellen, wodurch das elektrische Fahrzeug in einer normalen Bedingung gestartet wird.

Bei einem Energieversorgungssystem mit einem Brennstoffzellenstapel und einer Speicherbatterie ist die Erfindung ebenfalls auf ein Verfahren gerichtet, das ermöglicht, daß der Brennstoffzellenstapel die Speicherbatterie lädt.

Das erfindungsgemäße Verfahren weist die Schritte

- (a) Erfassen einer Restladung der Speicherbatterie und
- (b) Ermöglichen auf, daß der Brennstoffzellenstapel kontinuierlich die Speicherbatterie auflädt, bis die Restladung der Speicherbatterie einen vorbestimmten zweiten Pegel erreicht, wenn zum Zeitpunkt eines Stoppvorgangs des Energieversorgungssystems die bei dem Schritt (a) erfaßte Restladung der Speicherbatterie niedriger als ein vorbestimmter erster Pegel ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung weist der Schritt

- (a) die Schritte
  - (a-1) Messen von zumindest zwei elektrischen Strömen, die aus einem aus der Speicherbatterie ausgehenden elektrischen Speicherbatteriestrom, einem aus dem Brennstoffzellenstapel ausgehenden elektrischen Brennstoffzellenstrom und einem gesamten elektrischen Strom, der eine Summe des elektrischen Speicherbatteriestroms und des elektrischen Brennstoffzellenstroms ist, ausgewählt sind, und
  - (a-2) Bestimmen der Restladung der Speicherbatterie auf der Grundlage der bei dem Schritt (a-1) gemessenen elektrischen Ströme auf.

Gemäß einer anderen bevorzugten Ausgestaltung weist der Schritt (b) die Schritte

- (b-1) Spezifizieren einer Ausgabebedingung des Brennstoffzellenstapels auf der Grundlage der bei dem Schritt (a) erfaßten Restladung der Speicherbatterie bei dem Aufladevorgang der Speicherbatterie durch den Brennstoffzellenstapel und
- (b-2) Ermöglichen auf, daß der Brennstoffzellenstapel elektrische Energie auf der Grundlage der bei dem Schritt (b-1) spezifizierten Ausgabebedingung erzeugt.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild, das den Aufbau eines elektrischen Fahrzeugs 15 mit einem Energieversorgungssystem 10 als erstes Ausführungsbeispiel darstellt,

Fig. 2 eine Querschnittansicht, die schematisch den Aufbau einer Einheitszelle 28 bei Brennstoffzellen 20 veranschaulicht.

Fig. 3 ein Blockschaltbild, das den Aufbau einer Brennstoffzelleneinheit 60 veranschaulicht,

Fig. 4 ein Diagramm, das Ausgangskennlinien der Brennstoffzellen 20 und einer Speicherbatterie 30 in einem ausreichenden Ladezustand darstellt,

Fig. 5 ein Diagramm, das Ausgangskennlinien der Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 in ei-

nem unzureichenden Ladezustand darstellt,

Fig. 6 ein Flußdiagramm, daß eine zum Zeitpunkt eines Stoppvorgangs des Energieversorgungssystems 10 ausgeführte Stoppzeitpunkt-Verarbeitungsroutine gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel darstellt,

Fig. 7 ein Blockschaltbild, das den Aufbau eines anderen elektrischen Fahrzeugs 15A mit einem Energieversorgungssystem 10A als zweites Ausführungsbeispiel darstellt,

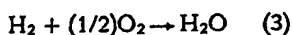
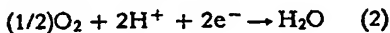
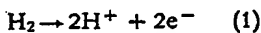
Fig. 8 ein Flußdiagramm, das eine zum Zeitpunkt eines Stoppvorgangs des Energieversorgungssystems 10A ausgeführte Stoppzeitpunkt-Verarbeitungsroutine gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel darstellt,

Fig. 9 ein Flußdiagramm, das eine andere zum Zeitpunkt eines Stoppvorgangs des Energieversorgungssystems 10A ausgeführte Stoppzeitpunkt-Verarbeitungsroutine gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel darstellt, und

Fig. 10 ein Diagramm, das Ausgangskennlinien der Brennstoffzellen vor und nach dem Aufwärmen darstellt.

Nachstehend sind einige bevorzugte Ausführungsbeispiele zur Verdeutlichung der Aufbauten und Funktionen beschrieben. Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild, das schematisch den Aufbau eines elektrischen Fahrzeugs 15 mit einem Energieversorgungssystem 10 als erstes Ausführungsbeispiel darstellt. Das an dem elektrischen Fahrzeug 15 befestigte Energieversorgungssystem 10 gemäß dem Ausführungsbeispiel arbeitet als Energiequelle zum Antrieb des Fahrzeugs 15. Das Energieversorgungssystem 10 weist hauptsächlich Brennstoffzellen 20, eine Speicherbatterie 30, einen Motor 32 zum Antrieb des Fahrzeugs, eine Hilfsmaschinerie 34, einen Gleichrichter (DC/DC-Wandler) 36, Ein/Ausschalter 38 und 40, ein Relais 42, eine Startereinheit 44, eine Restladungsüberwachungseinrichtung 46 sowie eine Steuerungseinheit 50 auf. Die Bestandteile des Energieversorgungssystems 10 sind jeweils nachstehend ausführlich beschrieben.

Die Brennstoffzellen 20 sind Polymer-Elektrolyt-Brennstoffzellen, die als ein Stapel mehrerer Einheitszellen 28 aufgebaut sind. Die Brennstoffzellen 20 empfangen eine Zufuhr eines wasserstoffhaltigen gasförmigen Brennstoffs an der Kathodenseite und eine Zufuhr eines sauerstoffhaltigen oxidierenden Gases auf der Anodenseite und erzeugen eine elektromotorische Kraft durch die nachstehend beschriebenen elektrochemischen Reaktionen.



Die Gleichungen (1), (2) und (3) bezeichnen jeweils eine an den Kathoden auftretende Reaktion, eine an den Anoden auftretende Reaktion und eine in den gesamten Brennstoffzellen 20 auftretende Gesamtreaktion. Fig. 2 zeigt eine Querschnittansicht, die den Aufbau jeder Einheitszelle 28 in dem Brennstoffzellenstapel 20 darstellt. Die Einheitszelle 28 weist eine Elektrolyt-Membran 21, eine Anode 22, eine Kathode 23 sowie Trenner 24 und 25 auf.

Die Anode 22 und die Kathode 23 sind zum Aufbau einer sandwichartigen Struktur bzw. Schichtstruktur über der Elektrolyt-Membran 21 angeordnete Gasdiffusionselektroden. Die Trenner 24 und 25 sind außerhalb

der Schichtstruktur angeordnet und jeweils mit der Anode 22 und der Kathode 23 zur Ausbildung von Strömungsweegen für den gasförmigen Brennstoff und das oxidierende Gas verbunden. Die Strömungswege 24P des gasförmigen Brennstoffs sind durch die Anode 22 und den Trenner 24 abgegrenzt, wohingegen die Strömungswege 25P des oxidierenden Gases durch die Kathode 23 und den Trenner 25 abgegrenzt sind. Obwohl die Trenner 24 und 25 jeweils Strömungswege auf einer einzigen Seitenoberfläche gemäß der Darstellung in Fig. 2 ausbilden, sind bei dem wirklichen Zustand auf jeder Seitenoberfläche jedes Trenners Rippen vorgesehen. Eine Seitenoberfläche jedes Trenners in Kombination mit der Anode 22 bildet nämlich Strömungswege 24P des gasförmigen Brennstoffs aus, während die andere Seitenoberfläche in Kombination mit der Kathode 23 einer benachbarten Einheitszelle die Strömungswege 25P des oxidierenden Gases ausbilden. Auf diese Weise sind die Trenner 24 und 25 mit den Gasdiffusionselektroden zur Abgrenzung von Strömungsweegen und zur Trennung der Strömung des gasförmigen Brennstoffs von der Strömung des oxidierenden Gases zwischen benachbarten Einheitszellen verbunden. Bei der Verarbeitung des Aufeinanderlegens einer Anzahl von Einheitszellen 28 zur Ausbildung einer Stapelstruktur können die an beiden Enden der Stapelstruktur angeordneten Trenner Rippen auf lediglich der einzigen Seitenoberfläche aufweisen, die die Gasdiffusionselektroden berühren.

Die Elektrolyt-Membran 21 ist eine Protonen leitende Ionen-Austauschmembran, die aus einem Polymer-Material wie Fluorharz besteht, und zeigte eine hervorragende elektrische Leitfähigkeit im feuchten Zustand. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist eine (von du Pont hergestellte) Nafion-Membran für die Elektrolyt-Membran 21 angewendet. Die Oberfläche der Elektrolyt-Membran 21 ist mit Platin oder einer platinhaltigen Legierung bedeckt, die als Katalysator dienen. Bei der gemäß diesem Ausführungsbeispiel angewandten Technik zum Anbringen des Katalysators wird Kohlenstoffpulver mit darauf getragenen Platin oder einer platinhaltiger Legierung vorbereitet, das den Katalysator tragende Kohlenstoffpulver in einem geeigneten organischen Lösungsmittel löst, ein bestimmte Menge einer elektrolytischen Lösung (beispielsweise eine von Aldrich Chemical Corp. hergestellte Nafion-Lösung) zu der Zersetzung (dispersion) zur Ausbildung einer Paste hinzugegeben und wird die Paste auf der Elektrolyt-Membran 21 siebgedruckt. Bei einer anderen erhältlichen Technik wird die Paste, die das den Katalysator tragende Kohlenstoffpulver enthält, zu einer dünnen Platte geformt und die Platte auf die Elektrolyt-Membran 21 gepreßt. Obwohl der platinhaltige Katalysator gemäß diesem Ausführungsbeispiel auf der Elektrolyt-Membran 21 aufgebracht ist, kann der Katalysator auf der Anode 22 und der Kathode 23 aufgebracht sein, die die Elektrolyt-Membran 21 berühren.

Die Anode 22 und die Kathode 23 sind aus einem Kohlenstoffgewebe hergestellt, das aus aus Kohlenstoffasern bestehenden Garnen gewebt ist. Obwohl die Anode 22 und die Kathode 23 gemäß diesem Ausführungsbeispiel aus dem Kohlenstoffgewebe bestehen, kann Kohlenstoffpapier oder ein aus Kohlenstoffasern bestehender Kohlenstofffilz vorteilhaft für das Material der Anode 22 und der Kathode 23 angewendet werden.

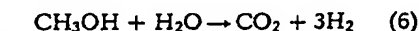
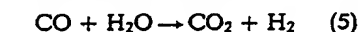
Die Trenner 24 und 25 sind aus einem gasundurchlässigen leitenden Material wie beispielsweise einem durch Komprimieren von Kohlenstoff erhaltenen gasundurch-

lässigen, dichten Kohlenstoff hergestellt. Jeder der Trenner 24 und 25 weist eine Vielzahl von parallel und an beiden Seitenoberflächen davon ausgebildeten Rippen auf. Wie vorstehend beschrieben, ist jeder Trenner mit der Oberfläche der Anode 22 zur Abgrenzung der Strömungswege 24P des gasförmigen Brennstoffs und mit der Oberfläche der Kathode 23 der benachbarten Einheitszelle zur Abgrenzung der Strömungswege 25P des oxidierenden Gases kombiniert. Entsprechend einer anderen möglichen Struktur können die an einer Seitenoberfläche jedes Trenners ausgebildeten Rippen senkrecht oder mit einem bestimmten Winkel zu den auf der anderen Seitenoberfläche des Trenners ausgebildeten angeordnet sein. So lange der gasförmige Brennstoff und das oxidierende Gas den Gasdiffusionselektroden zugeführt werden können, können die Rippen nicht als parallele Rillen ausgebildet sein.

Wie vorstehend beschrieben weist jede Einheitszelle 28, bei der es sich um den Grundaufbau der Brennstoffzellen 20 handelt, den Trenner 24, die Anode 22, die Elektrolyt-Membran 21, die Kathode 23 und den Trenner 25 auf, die in dieser Reihenfolge angeordnet sind. Der Brennstoffzellenstapel 20 wird durch Stapeln von mehreren Sätzen von derartigen Einheitszellen 28 (gemäß diesem Ausführungsbeispiel 100) und Einsetzen von (nicht gezeigten) aus dichten Kohlenstoff oder Kupferplatten hergestellten Stromsammelplatten an beiden Enden der Stapelstruktur erhalten.

Obwohl bei der Darstellung in dem Blockschaltbild gemäß Fig. 1 nicht dargestellt, sind außer den Brennstoffzellen der Stapelstruktur zur Erzeugung von elektrischer Energie mittels der Brennstoffzellen weitere Peripherieeinrichtungen erforderlich. Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild, das den Aufbau einer Brennstoffzelleneinheit 60 mit dem Brennstoffzellenstapel 20 und Peripherieeinrichtungen darstellt. Die Brennstoffzelleneinheit 60 weist hauptsächlich den Brennstoffzellenstapel 20, einen Methanoltank 61, einen Wassertank 62, einen Reformer 64 und einen Luftkompressor 66 auf.

Der Reformer 64 wird jeweils aus dem Methanoltank 61 und dem Wassertank 62 mit Methanol bzw. Wasser versorgt. Der Reformer reformiert die Methanolzufuhr, die als unverarbeiteten Brennstoff zugeführt wurde, durch Dampfreformierung (steam reforming) zur Erzeugung eines wasserstoffreichen gasförmigen Brennstoffs. In dem Reformer 64 tritt eine durch die nachstehend beschriebenen Gleichungen beschriebene Reformierungsreaktion auf.



Die durch die Gleichung (4) ausgedrückte Zersetzungsreaktion von Methanol schreitet gleichzeitig mit der durch die Gleichung (5) ausgedrückte Reformierungsreaktion von Kohlenstoffmonoxid derart voran, daß die Reaktion der Gleichung (6) als die Gesamt-Reformierungsreaktion von Methanol in dem Reformer 64 auftritt. Diese Reformierungsreaktion ist insgesamt endotherm. Ein durch den Reformer erzeugter wasserstoffreicher gasförmiger Brennstoff wird über einen Brennstoffzufuhrkanal 68 dem Brennstoffzellenstapel 20 zugeführt, in die Strömungswege 24P des gasförmigen Brennstoffs in den in dem Brennstoffzellenstapel 20 enthaltenen Einheitszellen 28 geleitet und bei den An-

oden 22 der Zellenreaktion ausgesetzt. Die bei den Anoden 22 auftretende Reaktion ist durch die vorstehend gegebene Gleichung (1) ausgedrückt. Hinsichtlich der Zufuhr einer erforderlichen Wassermenge und der Verhinderung, daß die Elektrolyt-Membran 21 austrocknet, kann in dem Brennstoffzufuhrkanal 68 ein Befeuchter angeordnet sein. Bei diesem Aufbau wird der befeuchtete gasförmige Brennstoff den Brennstoffzellen 20 zugeführt.

Der Luftkompressor 66 nimmt Luft auf und komprimiert diese und führt den Brennstoffzellen 20 komprimierte Luft zu. Die durch den Luftkompressor 66 aufgenommene und komprimierte Luft wird den Brennstoffzellen 20 über einen Luftzufuhrkanal 69 zugeführt, jeweils in die Strömungswege 25P des oxidierenden Gases in den in dem Brennstoffzellenstapel 20 enthaltenen Einheitszelle 28 geleitet und bei den Kathoden 23 der Zellenreaktion unterzogen. In den Brennstoffzellen steigt die Reaktionsgeschwindigkeit allgemein mit einem Anstieg der sowohl den Anoden als auch den Kathoden zugeführten Gasen an. Dies verbessert die Leistungsfähigkeit der Brennstoffzellen. Deshalb wird die den Kathoden 23 zugeführte Luft durch den Luftkompressor 66 komprimiert. Der Druck des den Anoden 22 zugeführten gasförmigen Brennstoffs kann leicht durch Steuerung des Ein/Auszustandes eines magnetpulenbetriebenen Ventils einer in dem Brennstoffzufuhrkanal 68 angeordneten (nicht gezeigten) Massenströmungssteuerungseinrichtung gesteuert werden.

Das Abgas des gasförmigen Brennstoff nach der Zellreaktion an den Anoden 22 in den Brennstoffzellen 20 und der Teil der durch den Luftkompressor 66 komprimierten Luft werden dem Reformer 64 zugeführt. Wie vorstehend beschrieben, ist die in dem Reformer 64 auftretende Reformierungsreaktion insgesamt endotherm und erfordert eine Zufuhr von Wärme von außerhalb. Ein (nicht gezeigter) Brenner zum Heizen ist somit an dem Reformer 64 angeordnet. Das Abgas des gasförmigen Brennstoffs und der komprimierten Luft werden zur Verbrennung in dem Brenner verwendet. Das Abgas des aus den Kathoden 23 der Brennstoffzellen 20 ausgestoßenen gasförmigen Brennstoffs werden über einen Brennstoffabgaskanal 71 in den Reformer 64 geleitet, wohingegen die komprimierte Luft über eine Luftwegverzweigung 70, die von dem Luftzufuhrkanal 69 abzweigt, zu dem Reformer 64 geleitet wird. In dem Abgas des gasförmigen Brennstoffs verbleibender Wasserstoff und Sauerstoff in der komprimierten Luft werden zur Verbrennung des Brenners verwendet, damit für die Reformierungsreaktion die erforderliche Wärmemenge zugeführt wird.

Die Ausgangsleistung der Brennstoffzellen 20 wird durch Steuerung der Strömungen des gasförmigen Brennstoffs und des oxidierenden Gases entsprechend der Größe einer angeschlossenen Belastung gesteuert. Die Steuerung der Ausgangsleistung wird durch die Steuerungseinheit 50 durchgeführt. Die Steuerungseinheit 50 gibt Ansteuersignale an den Luftkompressor 66 und der in dem Brennstoffzufuhrkanal 68 angeordneten Massenströmungssteuerungseinrichtung zur Justierung der Antriebsstärke und deren Ein/Auszustandes aus, wodurch die Strömungen der zugeführten Gase gesteuert werden.

Die vorstehend beschriebenen Brennstoffzellen 20 können mit der Speicherbatterie 30, dem Motor 32 und der Hilfsmaschinerie 34 verbunden werden. Die Brennstoffzellen 20 laden entsprechend dem Verbindungszustand des Stromkreises die Speicherbatterie 30 auf oder

treiben den Motor 32 und die Hilfsmaschinerie 34 an. Die Steuerung des Verbindungszustands des Stromkreises ist nachstehend ausführlich beschrieben.

Die Speicherbatterie 30 arbeitet zusammen mit den Brennstoffzellen 20 als Energiequelle zur Abgabe elektrischer Leistung an den Motor 32 und die Hilfsmaschinerie 34. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist die Speicherbatterie 30 ein Bleisäureakkumulator, obwohl andere Sekundärbatterien wie ein Nickel-Kadmiumakkumulator, ein Nickel-Wasserstoffakkumulator und eine sekundäre Lithiumbatterie ebenfalls anwendbar sind. Die Speicherbatterie 30 arbeitet wie vorstehend beschrieben als hauptsächliche Energiequelle zur Rotation des Motors 32 und zum Antrieb des Fahrzeugs zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems 10. Die Kapazität der Speicherbatterie 30 weist dementsprechend eine vorbestimmte Toleranz (einen Spielraum) auf der Grundlage der zu erwartenden Antriebsbedingungen des Fahrzeugs auf.

Der Motor 32 nimmt elektrische Leistung aus den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 auf und erzeugt ein Antriebsmoment. Das Antriebsmoment wird auf die Vorderräder und/oder Hinterräder über eine Achse des Fahrzeugs übertragen, bei dem das Energieversorgungssystem 10 angebracht ist, und dient als Kraft zum Antrieb des Fahrzeugs. Der Motor 32 wird durch eine Steuerungseinrichtung 33 gesteuert. Die Steuerungseinrichtung 33 ist außerdem mit einem Beschleunigungspedalpositionssensor 33b zur Erfassung der Stärke des Durchtretens eines Beschleunigungspedals 33a verbunden. Die Steuerungseinrichtung 33 ist weiterhin mit der Steuerungseinheit 50 verbunden und überträgt verschiedene Informationsteile beispielsweise hinsichtlich des Betriebs des Motors 32 zu und aus der Steuerungseinheit 50.

Die Hilfsmaschinerie 34 ist eine Belastung, die während des Betriebs des Energieversorgungssystems 10 elektrische Leistung in einem vorbestimmten Bereich aufnimmt. Die Hilfsmaschinerie 34 weist beispielsweise den Luftkompressor 66, die Massenströmungssteuerungseinrichtung und eine Wasserpumpe auf. Der Luftkompressor 66 steuert wie vorstehend beschrieben den Druck des den Brennstoffzellen 20 zugeführten oxidierenden Gases. Die Wasserpumpe läßt das Kühlwasser und Druck durch die Brennstoffzellen 20 zirkulieren. Die Zirkulation des Kühlwassers führt zu einem Wärmetausch in den Brennstoffzellen 20, wodurch die interne Temperatur der Brennstoffzellen 20 auf oder unter einem vorbestimmten Pegel gehalten wird. Die Massenströmungssteuerungseinrichtung steuert wie vorstehend beschrieben den Druck und die Strömung des den Brennstoffzellen 20 zugeführten gasförmigen Brennstoffs. Obwohl die Brennstoffzellen 20 und die Hilfsmaschinerie 34 in dem Blockschaltbild gemäß Fig. 1 unabhängig voneinander dargestellt sind, können die Einrichtungen bezüglich der Steuerung des Betriebszustandes der Brennstoffzellen 20 als Peripherieeinrichtungen der Brennstoffzellen 20 betrachtet werden. Die Leistungsaufnahme einer derartigen Hilfsmaschinerie 34 beträgt maximal 5 KW, was deutlich geringer als die Leistungsaufnahme Motors 32 ist und geringe Variationen aufweist.

Der Gleichumrichter 36 wandelt die Spannung der aus den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 ausgegebenen elektrischen Energie um und legt die umgewandelte Spannung an die Hilfsmaschinerie 34 an. Die zum Antrieb des Motors 32 erforderliche Spannung beträgt im allgemeinen 200 V bis 300 V, wobei die ent-



sprechend Spannung aus den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 ausgegeben wird. Demgegenüber beträgt die zum Betrieb der Hilfsmaschinerie 34 wie der Wasserpumpe erforderliche Spannung lediglich etwa 12 V. Dementsprechend ist es unmöglich, die aus den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 ausgegebene Spannung direkt anzulegen. Somit verringert der Gleichrichter 36 die Spannung.

In dem Stromkreis ist ein Ein/Ausschalter 38 angeordnet, der den Motor 32 und die Hilfsmaschinerie 34 mit den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 parallel verbindet. Der Ein/Ausschalter 38 wird zwischen der Ein-Position, bei der die Brennstoffzellen 20 und die Speicherbatterie 30 mit dem Motor 32 verbunden sind, und der Aus-Position, bei der die Brennstoffzellen 20 und die Speicherbatterie 30 von dem Motor 32 getrennt sind. Der Schaltzustand des Ein/Ausschalters 38 wird durch die Steuerungseinheit 50 gesteuert.

In dem Stromkreis ist ein Ein/Ausschalter 40 angeordnet, der die Brennstoffzellen 20 mit der Speicherbatterie 30 parallel verbindet. Der Ein/Ausschalter 40 wird zwischen der Ein-Position, bei der die Brennstoffzellen 20 mit der Speicherbatterie 30 verbunden sind und der Aus-Position umgeschaltet, bei der die Brennstoffzellen 20 von der Speicherbatterie 30 getrennt sind. Der Schaltzustand des Ein/Ausschalters 40 wird ebenfalls durch die Steuerungseinheit 50 gesteuert. Während der Motor 32 angetrieben wird, sind beide Ein/Ausschalter 38 und 40 in Ein-Position eingestellt, um den Stromkreis zu schließen.

Der Fahrer des Fahrzeugs mit dem daran angebrachten Energieversorgungssystem 10 bedient die Startereinheit 44 zum Starten oder Stoppen des Energieversorgungssystems 10. Die Startereinheit 44 ist beispielsweise als ein in der Nähe des Fahrersitzes angebrachter vorbestimmter Startschalter angeordneter aufgebaut.

Das Relais 42 ist an einer vorbestimmten Position in dem das Energieversorgungssystem 10 aufbauenden Stromkreis angeordnet und dient als Kontakt zum Öffnen und Schließen des Stromkreises. Das Relais 42 ist mit der Startereinheit 44 und der Steuerungseinheit 50 verbunden. Wenn der Fahrer eine Anweisung zum Start des Energieversorgungssystems 10 über die Startereinheit 44 gibt, führt das Relais 42 eine Verbindung in dem Stromkreis aus, die die Brennstoffzellen 20 und die Speicherbatterie 30 mit dem Motor 32 und der Hilfsmaschinerie 34 verbindet. Wenn der Fahrer eine Anweisung zum Stop des Energieversorgungssystems 10 über die Startereinheit 44 gibt, veranlaßt demgegenüber die Steuerungseinheit 50, daß das Relais 42 die Verbindung in dem Stromkreis unterbricht.

Die Restladungsüberwachungseinrichtung 46 mißt die Restladung der Speicherbatterie 30 und ist gemäß diesem Ausführungsbeispiel durch einen Spannungssensor verwirklicht. Die Speicherbatterie 30 verringert mit Verringerung der Restladung die Spannung. Der Spannungssensor zieht aus dieser Eigenschaft einen Vorteil und mißt die Spannung zur Erfassung der Restladung der Speicherbatterie 30. Der Spannungssensor ist mit der Steuerungseinheit 50 verbunden. Die Beziehung zwischen der durch den Spannungssensor gemessenen Spannung und der Restladung ist vorab in der Steuerungseinheit 50 gespeichert. Die Steuerungseinheit 50 bestimmt somit die Restladung auf der Grundlage des Meßeingangssignals aus dem Spannungssensor. Die Restladungsüberwachungseinrichtung 46 kann durch ein SOC-Meter anstelle des Spannungssensors verwirklicht sein. Das SOC-Meter sammelt die Werte elektri-

schen Stroms und die Zeitdauer des Aufladens und Entladens bei der Speicherbatterie 30, wobei die Steuerungseinheit 50 die Restladung der Speicherbatterie 30 auf der Grundlage der gesammelten Werte berechnet. Als ein weiteres Beispiel kann die Restladungsüberwachungseinrichtung 46 eine Einrichtung zur Messung der Dichte einer elektrolytischen Lösung in der Speicherbatterie 30 zur Erfassung der Restladung sein.

Die Steuerungseinheit 50 ist als eine Logikschaltung mit einem Mikrocomputer aufgebaut und weist eine Zentraleinheit (CPU) 52, einen Festspeicher (ROM) 54, einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM) 56 sowie einen Eingabe-/Ausgabeanschluß 58 auf. Die Zentraleinheit 52 führt verschiedene arithmetische Operationen entsprechend den voreingestellten Steuerungsprogrammen aus. Für die verschiedenen durch die Zentraleinheit 52 ausgeführten arithmetischen Operationen erforderliche Steuerungsprogramme und Steuerungsdaten sind vorab in dem Festspeicher 54 gespeichert. Verschiedene für die durch die Zentraleinheit 52 ausgeführten arithmetischen Operationen erforderliche Daten werden zeitweilig in den Speicher mit wahlfreiem Zugriff 56 geschrieben und daraus gelesen. Der Eingabe-/Ausgabeanschluß 58 empfängt Erfassungssignale aus verschiedenen Sensoren wie der Restladungsüberwachungseinrichtung 46 und gibt Ansteuerungssignale an verschiedene Betätigungsglieder einschließlich der Ein/Ausschalter 38 und 40 entsprechend den Ergebnissen der arithmetischen Operationen durch die Zentraleinheit 52 aus, wodurch der Antriebszustand der jeweiligen Elemente des Energieversorgungssystems 10 gesteuert wird.

In bezug auf die Steuerungseinheit 50 zeigt das Blockschaltbild gemäß Fig. 1 lediglich eine Eingabe von Erfassungssignalen aus der Restladungsüberwachungseinrichtung 46 und Signale aus der Startereinheit 44, eine Ausgabe von Ansteuersignalen zu den Ein/Ausschaltern 38 und 40, sowie die Übertragung von Signalen zu und aus der Steuerungseinrichtung 33. Die Steuerungseinheit 50 führt jedoch außerdem andere (nicht gezeigte) Steuerungsvorgänge bei dem Energieversorgungssystem 10 aus. Beispielsweise führt die Steuerungseinheit 50 eine Steuerung des Betriebszustandes der Brennstoffzellen 20 aus. Wie vorstehend beschrieben schließen die durch die Steuerungseinheit 50 ausgeführten anderen Steuerungsvorgänge die Ausgabe von Ansteuerungssignalen an den Luftkompressor 66 und der Massenstromssteuerungseinrichtung zur Steuerung der Strömungen des oxidierenden Gases und des gasförmigen Brennstoffs, die Steuerung der dem Reformer 64 zugeführten Mengen von Methanol und Wasser und die Temperatursteuerung der Brennstoffzellen 20 und des Reformers 64 ein.

Das auf diese Weise aufgebaute Energieversorgungssystem 10 arbeitet in der vorstehend beschriebenen Weise. Nachstehend ist zunächst die Ausgabe aus den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 zu dem Energieversorgungssystem 10 beschrieben. Da die Brennstoffzellen 20 und die Speicherbatterie 30 parallel miteinander verbunden sind, bestimmen die Größe der Belastung und der Ladezustand der Speicherbatterie 30, ob sowohl die Brennstoffzellen 20 als auch die Speicherbatterie 30 elektrische Leistung abgeben oder die Speicherbatterie 30 durch die Brennstoffzellen 20 aufgeladen wird.

Fig. 4 zeigt ein Diagramm, das Ausgangskennlinien der Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 zeigt. Die Brennstoffzellen 20 geben große Spannungen

in dem Zustand einer kleinen Belastung, das heißt in dem Zustand eines kleinen ausgegebenen Stroms, aus und verringern bei einem Anstieg des elektrischen Stroms die Spannung. Die Speicherbatterie 30 kann die Spannung über einen breiten Bereich des elektrischen Stroms innerhalb eines vorbestimmten engen Bereichs halten, variiert jedoch die Spannung entsprechend deren Ladezustand. Die in Fig. 4 gezeigten Ausgangskennlinien der Speicherbatterie 30 befinden sich in dem ausreichenden Ladezustand der Speicherbatterie 30.

Beispielsweise stellt It1 den zum Antrieb des Motors 32 und der Hilfsmaschinerie 34 erforderlichen gesamten elektrischen Strom in dem Fall dar, daß das Fahrzeug mit dem daran angebrachten Energieversorgungssystem 10 beschleunigt und der Motor 32 eine große Menge elektrischer Leistung benötigt. Zu diesem Zeitpunkt verringert sich die Spannung zwischen den Ausgangsanschlüssen der Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 mit einem Anstieg des aus den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 entnommenen Stroms. Da die Brennstoffzellen 20, die Speicherbatterie 30 und der Motor 32 parallel zueinander geschaltet sind, weisen sie eine gleiche Spannung an den Anschlüssen auf, die als Vt1 ausgedrückt ist. Auf der Grundlage des Diagramms gemäß Fig. 4 erfüllen der ausgegebene elektrische Strom IF1 der Brennstoffzellen 20 und der ausgegebene Strom IB1 der Speicherbatterie 30 die Gleichung  $It1 = IF1 + IB1$ , wobei  $IF1 < IB1$  gilt.

Wenn der zum Antrieb der vorstehend beschriebenen Belastung erforderliche elektrische Strom auf It2 verringert wird, vergrößert sich die Spannung zwischen den Ausgangsanschlüssen der Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 entsprechend der Verringerung bei dem gesamten elektrischen Strom. In diesem Zustand weisen die Brennstoffzellen 20, die Speicherbatterie 30 und der Motor 32 ebenfalls die gleiche Spannung an den Anschlüssen auf, die als Vt2 ausgedrückt wird. Auf der Grundlage des Diagramms gemäß Fig. 4 erfüllen der ausgegebene elektrische Strom IF2 der Brennstoffzellen 20 und der ausgegebene elektrische Strom IB2 der Speicherbatterie 30 die Gleichung  $It2 = IF2 + IB2$ , wobei  $IF2 > IB2$  gilt. Auf diese Weise variiert das Verhältnis der Ausgangsleistung der Brennstoffzellen 20 zu der Ausgangsleistung der Speicherbatterie 30 entsprechend der Größe der Belastung.

Fig. 5 zeigt ein Diagramm, das Ausgangeigenschaften der Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 in einem Zustand mit verringerter Ladung darstellt. It3 stellt den gesamten elektrischen Strom zum Antrieb der vorstehend beschriebenen Belastung dar, wenn der Motor 32 eine vorbestimmte Menge elektrischer Leistung benötigt. Zu diesem Zeitpunkt sinkt die Spannung zwischen den Ausgangsanschlüssen der Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 mit dem Anstieg bei den aus den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 entnommen elektrischen Ströme. Wie vorstehend beschrieben weisen die Brennstoffzellen 20, die Speicherbatterie 30 und der Motor 32 die gleiche Spannung an den Anschlüssen auf, die als Vt3 ausgedrückt ist. Auf der Grundlage des Diagramms gemäß Fig. 5 erfüllen der ausgegebene elektrische Strom IF3 der Brennstoffzellen 20 und der ausgegebene elektrische Strom IB3 der Speicherbatterie 30 die Gleichung  $It3 = IF3 + IB3$ , wobei  $IF3 > IB3$  gilt. In dem Fall, daß die Speicherbatterie 30 sich in dem Zustand verringerter Ladung befindet, hängt ein großer Teil der Ausgangsleistung für die Belastung von den Brennstoffzellen 20 ab.

Wenn die durch den Motor 32 erforderliche Menge

elektrischer Leistung kleiner als ein vorbestimmter Pegel wird und der zum Antrieb der vorstehend beschriebenen Belastung erforderliche gesamte elektrische Strom auf It4 verringert wird, steigt die Spannung zwischen den Ausgangsanschlüssen der Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 entsprechend der Verringerung des gesamten elektrischen Stroms an. In diesem Zustand weisen die Brennstoffzellen 20, die Speicherbatterie 30 und der Motor 32 ebenfalls eine identische Spannung an den Anschlüssen auf, die als Vt4 ausgedrückt ist. Auf der Grundlage des Diagramms gemäß Fig. 5 erfüllen der ausgegebene elektrische Strom IF4 der Brennstoffzellen 20 und der ausgegebene elektrische Strom IB4 der Speicherbatterie 30 die Gleichung  $It4 = IF4 + IB4$ , wobei  $IB4 < 0$  gilt. Das bedeutet, daß die Speicherbatterie 30 durch die Brennstoffzellen 20 aufgeladen wird. In dem Fall, daß die Speicherbatterie 30 in dem unzureichenden Ladezustand ist, verursacht eine Verringerung der Größe der Belastung auf oder unter einem vorbestimmten Pegel, daß die Brennstoffzellen 20 die Last antreiben und die Speicherbatterie 30 aufladen.

Nachstehend ist eine Steuerung der Verbindung des Stromkreises zu dem Zeitpunkt eines Stoppvorgangs des Energieversorgungssystems 10 beschrieben, die einer in dem Flußdiagramm gemäß Fig. 6 beschriebenen Stoppzeitpunkt-Verarbeitungsroutine nachfolgt. Die Zentraleinheit 52 führt die Routine aus, wenn ein bei der Startereinheit 44 enthaltener vorbestimmter Startschalter bei dem Fahrzeug mit dem daran angebrachten Energieversorgungssystem 10 ausgeschaltet wird.

Wenn das Programm in die Routine gemäß Fig. 6 eintritt, wird bei einem Schritt S100 der Ein/Ausschalter 38 zunächst in die Aus-Position gestellt, um den Motor 32 von den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 zu trennen. Dies stoppt den Betrieb des Motor 32 zum Antrieb des Fahrzeugs und ermöglicht lediglich, daß die Hilfsmaschinerie 34 als Belastung arbeitet und elektrische Leistung aufnimmt. Die Wasserpumpe und die Massenstromssteuerungseinrichtung, die bei der Hilfsmaschinerie 34 enthalten sind, sind für den Betrieb der Brennstoffzellen 20 wesentlich und müssen kontinuierlich arbeiten, bis die Energieerzeugung der Brennstoffzellen 20 gestoppt wird. Die Trennung der Hauptbelastung, das heißt des Motors, verringert die Größe der mit den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 verbundenen Belastung auf einen vorbestimmten kleinen Bereich. Unter derartigen Bedingungen beginnen die Brennstoffzellen 20 in dem Fall, daß die Restladung der Speicherbatterie 30 geringer als ein vorbestimmter Pegel ist, die Speicherbatterie 30 aufzuladen.

Bei einem darauffolgenden Schritt S110 wird der Ein/Ausschalter 40 in die Aus-Position gestellt, um die Speicherbatterie 30 von dem Stromkreis zu trennen. Die Trennung der Speicherbatterie 30 verursacht, daß die Brennstoffzellen 20 das Aufladen der Speicherbatterie 30 beenden, aber weiterhin Energie auf einem niedrigen Pegel erzeugen und einen stationären Zustand beibehalten, um eine kontinuierliche Abgabe elektrischer Leistung zu der Hilfsmaschinerie 34 zu gewährleisten.

Die Zentraleinheit 52 liest daraufhin bei einem Schritt S120 eine durch die Restladungsüberwachungseinrichtung 46 gemessene Spannung V der Speicherbatterie 30 und vergleicht bei einem Schritt S130 die beobachtete Spannung V mit einer vorab in der Steuerungseinheit 50 gespeicherten Referenzspannung V0. Die Referenzspannung V0 wurde vorab als eine Spannung zwischen den Anschlüssen der Speicherbatterie 30 in dem ausrei-



chenden Ladezustand eingestellt. In dem Fall, daß die beobachtete Spannung V größer als die Referenzspannung V0 ist, bestimmt das Programm, daß die Speicherbatterie 30 sich in dem ausreichenden Ladezustand befindet und schaltet zum Öffnen des Stromkreises das Relais 42 bei einem Schritt S140 ab. Das Programm verläßt daraufhin diese Routine. Wenn die Brennstoffzellen 20 von der Hilfsmaschinerie 34 getrennt werden, verlieren die Brennstoffzellen 20 die gesamte Belastung, die Ziel der Ausgangsleistung ist, weshalb die Energieerzeugung gestoppt wird. Die Hilfsmaschinerie 34 wird ohne Abgabe elektrischer Leistung gestoppt, wobei das Energieversorgungssystem 10 vollständig dessen Betrieb stoppt.

In dem Fall, daß bei dem Schritt S130 die beobachtete Spannung V nicht größer als der Referenzspannung V0 ist, bestimmt das Programm demgegenüber, daß die Speicherbatterie 30 sich in dem unzureichenden Ladezustand befindet und stellt bei einem Schritt S150 den Ein/Ausschalter 40 in die Ein-Position. Dies verbindet die Brennstoffzellen 20 mit der Speicherbatterie 30 in dem unzureichenden Ladezustand und veranlaßt, daß die Brennstoffzellen 20 erneut das Aufladen der Speicherbatterie 30 aufnehmen.

Das Programm kehrt daraufhin zu dem Schritt S110 zurück und setzt den Ein/Ausschalter 40 in die Aus-Position und schreitet zu dem Schritt S120 zur Messung der Spannung V der Speicherbatterie 30 und zu dem Schritt S130 zum Vergleich der beobachteten Spannung V mit der Referenzspannung V0 voran. Wenn die beobachtete Spannung V nicht größer als die Referenzspannung V0 ist, schreitet das Programm erneut zu dem Schritt S150 zum Stellen des Ein/Ausschalters 40 in die Ein-Position voran. Das Programm wiederholt den Aufladevorgang der Speicherbatterie 30 und die Auswertung der Restladung, bis die Speicherbatterie 30 in den ausreichenden Ladezustand übergeht. Wenn die beobachtete Spannung V bei dem Schritt S130 größer als die Referenzspannung V0 wird, die den ausreichenden Ladezustand der Speicherbatterie 30 darstellt, geht das Programm zu dem Schritt S140 zum Ausschalten des Relais 42 über und verläßt diese Routine.

Wenn das Energieversorgungssystem 10 beim nächsten Mal gestartet wird, das heißt, wenn der in der Startereinheit 44 enthaltene vorbestimmte Startschalter bei dem Fahrzeug mit dem daran angebrachten Energieversorgungssystem 10 eingeschaltet wird, führen die Ein/Ausschalter 38 und 40 sowie das Relais 42 eine Verbindung in dem Stromkreis aus. Dies ermöglicht, daß die Speicherbatterie 30 sich in dem ausreichenden Ladezustand zum Antrieb des Motor 32 und der Hilfsmaschinerie 34 befindet, während die Brennstoffzellen 20 den elektrischen Strom entsprechend dem Aufwärmzustand ausgeben und schließlich den stationären Zustand erreichen. Zur Steuerung des Betriebszustands der Brennstoffzellen 20 während des Aufwärmens ist ein Temperatursensor zur Messung der inneren Temperatur der Brennstoffzellen 20 in den Brennstoffzellen 20 angeordnet, wobei die Steuerungseinheit 50 Meßdaten aus dem Temperatursensor empfängt. Die Steuerungseinheit 50 erhöht allmählich die Strömungen der den Brennstoffzellen 20 zugeführten Gase derart, daß die Brennstoffzellen 20 allmählich deren Ausgangsleistung im Verlauf des Aufwärmens erhöhen können. Nach Abschluß des Aufwärmens der Brennstoffzellen 20 zur Ermöglichung, daß die Brennstoffzellen 20 elektrischen Strom eines vorbestimmten oder darüberliegenden Pegels ausgeben, übernehmen die Brennstoffzellen 20 und die Spei-

cherbatterie 30 die Ausgangsleistung in einem vorbestimmten Verhältnis entsprechend der Größe der Belastung und dem Ladezustand der Speicherbatterie 30, während die Brennstoffzellen 20 die Speicherbatterie 30 entsprechend den Erfordernissen auflädt.

Wie vorstehend beschrieben stoppt das Energieversorgungssystem 10 gemäß dem Ausführungsbeispiel dessen Betrieb, nachdem die Speicherbatterie 30 ausreichend aufgeladen ist. Dieser Aufbau ermöglicht, daß die Speicherbatterie 30 in dem ausreichenden Ladezustand als Energiequelle verwendet wird, wenn das Energieversorgungssystem 10 beim nächsten Mal gestartet wird. Dies verhindert, daß die Brennstoffzellen 20 in deren unzureichenden Aufwärmzustand einer übermäßigen Belastung ausgesetzt werden, was einen übermäßigen Fluß elektrischen Stroms verursacht und zu einem Abfall der Spannung, zu einem Polwechsel in den Brennstoffzellen 20 und zur Erzeugung einer anormalen Wärme zur Verschlechterung der Brennstoffzellen 20 führt. Die Brennstoffzellen 20 geben keine ausreichende Ausgangsleistung ab, bis das Aufwärmen zur Gewährleistung abgeschlossen ist, daß die Brennstoffzellen 20 den stationären Zustand erreicht haben. Während des Aufwärmens der Brennstoffzellen 20 gibt die Speicherbatterie 30 in dem ausreichenden Ladezustand die meiste zum Antrieb des Motors 32 und der Hilfsmaschinerie 34 erforderliche elektrische Leistung ab. Die Brennstoffzellen 20 können somit allmählich im Verlauf des Aufwärmens den Betrag der Ausgangsleistung erhöhen.

Vor dem Stoppen dessen Betriebs überprüft das Energieversorgungssystem 10 gemäß dem Ausführungsbeispiel den Ladezustand der Speicherbatterie 30 und gewährleistet den ausreichenden Ladepegel der Speicherbatterie 30 zu dem Zeitpunkt eines nächsten Starts des Energieversorgungssystems 10. Dieser Aufbau verringert deutlich die erforderliche Kapazität der Speicherbatterie 30. Da das Energieversorgungssystem 10 gemäß dem Ausführungsbeispiel den ausreichenden Ladepegel der Speicherbatterie 30 zu dem Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems 10 gewährleistet, muß die Speicherbatterie 30 eine Kapazität aufweisen, die den Betrieb der Speicherbatterie 30 als Hauptenergiequelle zu dem Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems 10 ermöglicht, wenn die Brennstoffzellen 20 aufgewärmt werden. Bei dem herkömmlichen Aufbau, der den ausreichenden Ladepegel der Speicherbatterie zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems nicht gewährleistet, ist demgegenüber eine große Kapazität erforderlich, damit ermöglicht wird, daß die Speicherbatterie in dem Toleranzkapazitätzustand verbleibt, und verhindert wird, daß die Brennstoffzellen einer übermäßigen Belastung zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems ausgesetzt werden.

Der Aufbau gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel weist die Restladungsüberwachungseinrichtung 46 auf, die beispielsweise durch einen Spannungssensor verwirklicht ist, und erfaßt die Restladung der Speicherbatterie 30. Ein anderer möglicher Aufbau berechnet die Restladung der Speicherbatterie 30 anhand des durch den Stromkreis fließenden elektrischen Stroms. Nachstehend ist dieser Aufbau als zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. Fig. 7 zeigt ein Blockschaltbild, das den Aufbau eines elektrischen Fahrzeugs 15A mit einem daran angebrachten Energieversorgungssystem 10A gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel darstellt. Die Bestandteile des elektrischen Fahrzeugs 15A gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel, die

identisch mit denen des elektrischen Fahrzeugs 15 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel sind, sind durch gleiche Bezugswerte mit dem Symbol "A" gezeichnet und nachstehend nicht extra beschrieben.

Gemäß Fig. 7 weist das Energieversorgungssystem 10A gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel erste und zweite Strommeßeinrichtungen (Amperemeter, Strommesser) 47 und 48 anstelle der bei dem Energieversorgungssystem 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel enthaltenen Restladungsüberwachungseinrichtung 46 auf. Die erste Strommeßeinrichtung 47 mißt einen aus den Brennstoffzellen 20A ausgegebenen elektrischen Strom I1, wohingegen die zweite Strommeßeinrichtung 48 einen aus einer Speicherbatterie 30A ausgegebenen elektrischen Strom I2 mißt. Diese Strommeßeinrichtungen 47 und 48 sind mit einer Steuerungseinheit 50A verbunden, die Daten bezüglich der beobachteten elektrischen Ströme empfängt. Die Steuerungseinheit 50A bestimmt auf der Grundlage dieser Eingangsdaten bezüglich der beobachteten elektrischen Ströme, ob die Speicherbatterie 30A eine ausreichende Restladung aufweist.

Der durch den das Energieversorgungssystem 10A bildende Stromkreis fließende Gesamtstrom I0 ist durch die Gleichung  $I1 + I2 = I0$  definiert. In dem Fall, daß die Speicherbatterie 30A in einem ausreichenden Ladezustand ist, gibt die Speicherbatterie 30A eine bestimmte Menge an Ausgangsleistung ab, daß heißt, daß  $I2 > 0$  gilt. Dieser Zustand erfüllt  $I1/I0 < 1$ . In dem Fall, daß die Restladung der Speicherbatterie 30A nicht größer als ein vorbestimmter Pegel ist und die angeschlossene Belastung (daß heißt die erforderliche elektrische Leistung für einen Motor 32A) kleiner als ein vorbestimmter Wert ist, laden die Brennstoffzellen 20A die Speicherbatterie 30A auf. Dieser Zustand erfüllt  $I1/I0 > 1$ . Der Wert  $I1/I0$  verringert sich im Verlauf des Aufladevorgangs der Speicherbatterie 30A durch die Brennstoffzellen 20A allmählich auf eins. Der Wert von  $I1/I0$  hängt von dem Ladezustand der Speicherbatterie 30A und der Größe der angeschlossenen Belastung ab. Unter der Bedingung einer konstanten Belastung spezifiziert der Wert von  $I1/I0$  den Ladezustand der Speicherbatterie 30A.

Bei dem Energieversorgungssystem 10A gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel sind die Werte von  $I1/I0$  in dem Fall, daß die Speicherbatterie 30A in einem zu 95% aufgeladenen Zustand eine Hilfsmaschinerie 34A antreibt, in der Steuerungseinheit 50A vorab gespeichert. Der Wert von  $I1/I0$  wird zur Bestimmung des Ladezustands der Speicherbatterie 30A verwendet. Wie gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel trennt der Aufbau gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel wie nachstehend beschrieben zunächst den Motor 32A von dem Stromkreis während des Vorgangs des Stoppens des Energieversorgungssystems 10A. Die Belastung bei der Abgabe elektrischer Leistung nach dem Trennen des Motors 32A ist auf den Teil der Hilfsmaschinerie beschränkt, der den Betrieb der Brennstoffzellen 20A betrifft. Die Erfassung des Antriebszustands der Hilfsmaschinerie 34A unter einer derartigen Bedingung spezifiziert die Gesamtgröße der Belastung. Die Steuerungseinheit 50A speichert die Werte von  $I1/I0$  über die erwarteten Gesamtgrößen der Belastung, wenn die Speicherbatterie 30A sich in dem zu 95% aufgeladenen Zustand befindet.

Die Werte von  $I1/I0$  variieren außerdem mit einer Variation bei der Temperatur der Speicherbatterie 30A. Die Werte von  $I1/I0$  in einem erwarteten Bereich der Antriebstemperatur der Speicherbatterie 30A sind dem-

entsprechend als ein Diagramm in der Steuerungseinheit 50A gespeichert. Beim Vorgang der Spezifizierung des Ladezustands der Speicherbatterie 30A auf der Grundlage des Werts von  $I1/I0$  empfängt die Steuerungseinheit 50A durch einen (nicht gezeigten) Temperatursensor gemessene Temperaturdaten der Speicherbatterie 30A und vergleicht der Temperatur entsprechende und aus dem Diagramm gelesene Daten mit dem beobachteten Wert von  $I1/I0$ . Wenn der beobachtete Wert nicht größer als die entsprechenden Daten wird, wird bestimmt, daß die Speicherbatterie 30A auf einen Pegel von 95% aufgeladen ist.

Nachstehend ist eine Steuerung zur Verbindung des Stromkreises zu dem Zeitpunkt eines Stoppvorgangs des Energieversorgungssystems 10A gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel beschrieben, der einer in dem Flußdiagramm gemäß Fig. 8 gezeigten Stoppzeitpunkt-Verarbeitungsroutine nachfolgt. Eine Zentraleinheit (CPU) 52A führt die Routine aus, wenn ein vorbestimmter bei einer Startereinheit 44A enthaltener Startschalter in dem Fahrzeug mit dem daran angebrachten Energieversorgungssystem 10A ausgeschaltet wird.

Wenn das Programm in die Routine gemäß Fig. 8 eintritt, wird zunächst bei einem Schritt S200 ein Ein-/Ausschalter 38A in die Aus-Position gestellt, um den Motor 32A von den Brennstoffzellen 20A und der Speicherbatterie 30A zu trennen. Dies stoppt den Betrieb des Motors 32A zum Antrieb des Fahrzeugs und ermöglicht lediglich, daß die Hilfsmaschinerie 34A als Belastung arbeitet und eine elektrische Leistung aufnimmt. Eine Wasserpumpe und eine Massenstromssteuerungseinrichtung, die bei der Hilfsmaschinerie 34A enthalten sind, sind für den Betrieb der Brennstoffzellen 20A wesentlich und müssen kontinuierlich arbeiten, bis die Energieerzeugung der Brennstoffzellen 20A gestoppt ist. Die Abtrennung der Hauptbelastung, daß heißt des Motor 32A, ermöglicht, daß die 20A die Speicherbatterie 30A positiv aufladen, wenn die Restladung der Speicherbatterie 30A nicht größer als ein vorbestimmter Pegel ist.

Die Zentraleinheit 52A empfängt darauffolgend bei einem Schritt S210 Daten bezüglich der jeweils aus den Brennstoffzellen 20A bzw. der Speicherbatterie 30A ausgegebenen und durch die ersten und zweiten Strommeßeinrichtungen 47 und 48 gemessenen elektrischen Ströme I1 und I2. Bei einem darauffolgenden Schritt S220 wird bestimmt, ob der elektrische Strom I2 einen negativen Wert aufweist oder nicht. Ein positiver Wert des elektrischen Stroms I2 stellt die Ausgangsleistung aus der Speicherbatterie 30A dar. In diesem Fall bestimmt das Programm, daß die Speicherbatterie 30A sich in dem ausreichenden Ladezustand befindet und schreitet zu einem Schritt S260 zum Abschalten eines Relais 42A voran, bevor diese Routine verlassen wird. Wenn die Brennstoffzellen 20A von der Hilfsmaschinerie 34A getrennt werden, verlieren die Brennstoffzellen 20A ihre gesamte Belastung, die das Ziel der Ausgangsleistung ist, und stoppen dadurch die Energieerzeugung. Die Hilfsmaschinerie 34A wird ohne Abgabe elektrischer Leistung gestoppt, wobei das Energieversorgungssystem 10A vollständig dessen Betrieb stoppt.

Wenn der elektrische Strom I2 bei dem Schritt S220 demgegenüber einen negativen Wert aufweist, bestimmt das Programm, daß die Speicherbatterie 30A aufgeladen wird und bewertet dann den Ladezustand der Speicherbatterie 30A. Entsprechend einer konkreten Verarbeitung berechnet die Zentraleinheit 52A bei einem Schritt S230 den gesamten elektrischen Strom I0

und den Wert von  $I1/I0$  anhand der beobachteten elektrischen Ströme  $I1$  und  $I2$ . Das Programm schreitet daraufhin zu einem Schritt S240 voran, um Daten bezüglich der Größe der Belastung, das heißt, der zu diesem Zeitpunkt angetriebenen Hilfsmaschinerie 34A, und bezüglich der durch den (nicht gezeigten) Temperatursensor gemessenen Temperatur der Speicherbatterie 30A und um einen Referenzwert "x" von  $I1/I0$  aus den in der Steuerungseinheit 50A gespeicherten Diagrammen in dem Fall zu lesen, daß die Speicherbatterie 30A in dem zu 95% aufgeladenen Zustand eine Ausgangsleistung unter derartigen Bedingungen erzeugt. Der anhand des beobachteten elektrischen Stroms berechnete Wert von  $I1/I0$  wird dann bei einem Schritt S250 mit dem Referenzwert "x" verglichen. Wenn der berechnete Wert von  $I1/I0$  kleiner als der Referenzwert "x" ist, bestimmt das Programm, daß die Speicherbatterie 30A sich in dem ausreichenden Ladezustand befindet und schaltet bei dem Schritt S260 vor Verlassen dieser Routine das Relais 42A ab.

Wenn der berechnete Wert von  $I1/I0$  bei dem Schritt S250 nicht kleiner als der Referenzwert "x" ist, bestimmt demgegenüber das Programm, daß die Speicherbatterie 30A sich in einem unzureichenden Ladezustand befindet und kehrt zu dem Schritt S210 zurück, damit die Verarbeitung der Schritte S210 bis S250 wiederholt wird, bis der berechnete Wert von  $I1/I0$  kleiner als der Referenzwert "x" wird. Während die Speicherbatterie 30A sich in dem unzureichenden Ladezustand befindet und die Verarbeitung der Schritte S210 bis S250 wiederholt wird, laden die Brennstoffzellen 20A kontinuierlich die Speicherbatterie 30A auf. Wenn das Programm auf der Grundlage des Ergebnisses des Vergleichs bei dem Schritt S250 bestimmt, daß sich die Speicherbatterie 30A in dem ausreichenden Ladezustand befindet, geht das Programm zu dem Schritt S260 zum Abschalten des Relais 42A über und verläßt diese Routine.

Wie gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel führen, wenn das Energieversorgungssystem 10A gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel beim nächsten Mal gestartet wird, das heißt, wenn der bei der Startereinheit 44A enthaltene vorbestimmte Startschalter in dem Fahrzeug mit dem daran angebrachten Energieversorgungssystem 10A eingeschaltet wird, der Ein/Ausschalter 38A und das Relais 42A eine Verbindung in dem Stromkreis durch. Dies ermöglicht, daß die Speicherbatterie 30A in dem ausreichenden Ladezustand den Motor 32A und die Hilfsmaschinerie 34A antreibt, während die Brennstoffzellen 20A den elektrischen Strom entsprechend dem Aufwärmzustand ausgeben und schließlich den stationären Zustand erreichen. Entsprechend den Erfordernissen treiben die Brennstoffzellen 20A in dem stationären Zustand den Motor 32A an und laden die Speicherbatterie 30A auf.

Obwohl gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Referenzwert "x" in dem zu 95% aufgeladenen Zustand der Speicherbatterie 30A spezifiziert ist, kann der Referenzwert auf einen anderen Ladezustand der Speicherbatterie 30A eingestellt werden. Die Speicherbatterie 30A kann in jedem Ladezustand sein, der eine ausreichende Menge elektrischer Leistung an den Motor 32A und der Hilfsmaschinerie 34A abgeben kann, ohne daß die Brennstoffzellen 20A zumindest für eine vorbestimmte Zeitdauer nach dem Start des Energieversorgungssystems 10A einer übermäßigen Belastung ausgesetzt werden, wenn die sich in dem nichtstationären Zustand befindenden Brennstoffzellen 20A während des Aufwärmvorgangs parallel zu dem Motor 32A und der

Hilfsmaschinerie 34A geschaltet sind. Wenn sich die Speicherbatterie 30A in einem zu 100% aufgeladenen Zustand oder nahe an dem vollständig aufgeladenen Zustand befindet, kann dies teilweise eine übermäßige Ladung verursachen, die zu einer Verkürzung der Lebensdauer der Speicherbatterie 30A führt. Wenn die Speicherbatterie 30A sich in einem relativ niedrig aufgeladenen Zustand befindet, wird die Kapazität der Speicherbatterie 30A jedoch nicht ausreichend verwendet. Die Speicherbatterie 30A ist dementsprechend gemäß diesem Ausführungsbeispiel in dem zu 95% aufgeladenen Zustand eingestellt.

Das Energieversorgungssystem 10A gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel weist zusätzlich zu den Wirkungen des Energieversorgungssystems 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel die folgenden Wirkungen auf. Vor Stoppen des Betriebs des Energieversorgungssystems 10A bestimmt der Aufbau gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel den Ladezustand der Speicherbatterie 30A auf der Grundlage des Verhältnisses des aus den Brennstoffzellen 20A ausgegebenen elektrischen Stroms  $I1$  zu dem gesamten elektrischen Strom  $I0$ , wobei die Restladungsüberwachungseinrichtung 46 wie ein Spannungssensor nicht erforderlich ist. Das Energieversorgungssystem 10A gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel weist Strommeßeinrichtungen 47 und 48 zur Überwachung der zu diesem Zeitpunkt durch den Stromkreis fließenden elektrischen Ströme auf. Der Aufbau zur Überwachung der elektrischen Ströme ist relativ einfach und erfordert im Gegensatz zu dem Spannungssensor gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zur Messung keinen Schaltvorgang des Stromkreises. Das Energieversorgungssystem 10A weist dementsprechend keinen Ein/Ausschalter 40 auf, was einen einfacheren Stromkreislaufbau verwirklicht und den Vorgang zum Stoppen des Energieversorgungssystems 10A vereinfacht. Bei dem Aufbau gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel kann die Restladungsüberwachungseinrichtung 46 ein SOC-Meter sein, das historische bzw. vergangene Daten der Ausgangsleistungen speichert und die gespeicherten Daten der Ausgangsleistungen zur Berechnung der gegenwärtigen Restladung berechnet. Der Aufbau gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel erfordert jedoch keine derartige Berechnung und vereinfacht dadurch die Steuerungsverarbeitung. Die Restladungsüberwachungseinrichtung 46 kann gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel alternativ dazu eine Einrichtung zur Messung der Dichte einer elektrolytischen Lösung in der Speicherbatterie 30 sein. Die Speicherbatterie 30A gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel erfordert jedoch keine derartige Einrichtung, was den Aufbau des Energieversorgungssystems 10A vereinfacht.

Im Vergleich mit dem Verfahren gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel, gemäß dem die Restladungsüberwachungseinrichtung 46 wie ein Spannungssensor verwendet wird, weist das Verfahren gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel zur Erfassung der Restladung der Speicherbatterie 30A auf der Grundlage der durch die Strommeßeinrichtungen 47 und 48 gemessenen elektrischen Ströme eine höhere Genauigkeit bei der Erfassung der Restladung auf. Der Aufbau gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel ist insbesondere vorteilhaft, wenn ein Bleisäureakkumulator als Speicherbatterie 30A verwendet wird. Bei dem Bleisäureakkumulator verringert sich die Spannung nicht wesentlich, während die sich die Restladung oberhalb eines vorbestimmten Pegel befindet, wird jedoch abrupt gesenkt, nachdem

die Restladung sich auf den oder unter dem vorbestimmten Pegel verringert hat. Dementsprechend ist es eher schwierig, die Restladung mit hoher Genauigkeit durch eine Spannungsmessung zu erfassen. Das Energieversorgungssystem 10A gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel mißt die elektrischen Ströme anstelle der Spannung. Selbst wenn ein Bleisäureakkumulator als Speicherbatterie 30A angewendet wird, ermöglicht der Aufbau gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel die Erfassung der Restladung mit hoher Genauigkeit. In dem Fall, daß ein SOC-Meter als Restladungsüberwachungseinrichtung 46 verwendet wird, dehnt sich ein Fehler zwischen der anhand der gesammelten Ausgangsleistungen berechneten Restladung und der tatsächlichen Restladung deutlich durch die wiederholten Auf- und Entladungen der Speicherbatterie 30 aus. Der Aufbau gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel mit den Strommeßeinrichtungen 47 und 48 erfaßt jedoch die Restladung auf der Grundlage der Meßdaten elektrischen Ströme zu dem Zeitpunkt, was wirksam die Ausdehnung eines Fehlers verhindert.

Der Aufbau gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel berechnet das Verhältnis des elektrischen Stroms I1 der Brennstoffzellen 20A zu dem gesamten elektrischen Strom I0 und vergleicht das Verhältnis mit dem Referenzwert x derart, daß der Ladezustand der Speicherbatterie 30A bewertet wird. Ein abgeänderter Aufbau kann einen anderen Wert auf der Grundlage der beobachteten elektrischen Ströme zur Bewertung des Ladezustands der Speicherbatterie 30A verwenden. Beispielsweise kann der Aufbau das Verhältnis des elektrischen Stroms I2 der sich bei der Aufladung befindenden Speicherbatterie 30A ( $I2 < 0$ ) zu dem gesamten elektrischen Strom I0 mit einem vorbestimmten Referenzwert "y" vergleichen. Bei diesem Aufbau wird wie der Referenzwert "x" gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Referenzwert "y" vorab zur Darstellung des ausreichenden Ladezustands der Speicherbatterie 30A ( $y < 0$ ) eingestellt. Wenn der Wert von  $I2/I0$  größer als der Referenzwert "y" wird, wird bestimmt, daß die Speicherbatterie 30A auf den ausreichenden Pegel aufgeladen worden ist.

Das vorstehend beschriebene Energieversorgungssystem 10A mißt den ausgegebenen elektrischen Strom I1 der Brennstoffzellen 20A und den ausgegebenen elektrischen Strom I2 der Speicherbatterie 30A mit den ersten und zweiten Strommeßeinrichtungen 47 und 48 und berechnet den gesamten elektrischen Strom I0. Ein abgeänderter Aufbau kann direkt den gesamten elektrischen Strom mit einer vorbestimmten Strommeßeinrichtung messen und den beobachteten gesamten elektrischen Strom I0 mit entweder dem ausgegebenen elektrischen Strom I1 oder dem ausgegebenen elektrischen Strom I2 vergleichen. Wenn zumindest zwei aus dem ausgegebenen elektrischen Strom I1 der Brennstoffzellen 20A, dem ausgegebenen elektrischen Strom der Speicherbatterie 30A und dem gesamten elektrischen Strom I0 gemessen werden, kann das vorstehend beschriebene Verfahren zum Vergleich des Verhältnisses zwischen den beobachteten elektrischen Strömen mit einem vorbestimmten Referenzwert angewandt werden und dadurch die Restladung der Speicherbatterie 30A erfaßt werden.

Wie vorstehend beschrieben laden die Brennstoffzellen 20A die Speicherbatterie 30A kontinuierlich auf, bis das Programm bei dem Schritt S250 bei der Stoppzeitpunkt-Verarbeitungsroutine gemäß Fig. 8 bestimmt, daß sich die Speicherbatterie 30A in dem ausreichenden

Ladezustand befindet. Eine geeignete Steuerung der Antriebsbedingungen der Brennstoffzellen 20A ermöglicht, daß der Aufladevorgang der Speicherbatterie 30A effizient innerhalb einer relativ kurzen Zeitdauer abgeschlossen wird. Nachstehend ist die Verarbeitung zur Steuerung der Antriebsbedingungen der Brennstoffzellen 20A als ein drittes Ausführungsbeispiel beschrieben. Das Energieversorgungssystem gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel weist einen zu dem des Energieversorgungssystems 10A gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel identischen Aufbau auf.

Fig. 9 zeigt ein Flußdiagramm einer Stoppzeitpunkt-Verarbeitungsroutine, die bei Stoppen des Betriebs des Energieversorgungssystems gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel durchgeführt wird. Wie die Routine gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel wird die Routine gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel durch Zentraleinheit 52A durchgeführt, wenn der bei der Startereinheit 44A enthaltene vorbestimmte Startschalter in dem Fahrzeug mit dem daran angebrachten Energieversorgungssystem 10A ausgeschaltet wird.

Die Verarbeitung der Schritte S300 bis S360 bei der Routine gemäß Fig. 9 ist identisch zu der Verarbeitung der Schritte S200 bis S260 bei der Stoppzeitpunkt-Verarbeitungsroutine gemäß Fig. 8 und deshalb an dieser Stelle nicht extra beschrieben. Wenn der elektrische Strom I2 bei dem Schritt S320 einen positiven Wert hat oder wenn bei dem Schritt S350 der Wert von  $I1/I0$  kleiner als der Referenzwert "x" ist, bestimmt das Programm, daß die Speicherbatterie 30A sich in dem ausreichenden Ladezustand befindet und geht vor Verlassen dieser Routine zu dem Schritt S360 zum Abschalten des Relais 42A über.

Wenn bei dem Schritt S350 der Wert von  $I1/I0$  nicht kleiner als der Referenzwert "x" ist, bestimmt das Programm, daß die Speicherbatterie 30A sich in dem unzureichenden Ladezustand befindet und schreitet zu einem Schritt S370 voran, damit Sollwerte für den elektrischen Strom und die Spannung zum Aufladen der Speicherbatterie 30A auf den 95%-Pegel auf der Grundlage des durch den Wert von  $I1/I0$  spezifizierten Werts des gegenwärtigen Ladezustands der Speicherbatterie 30A berechnet werden.

Nach der Berechnung der Sollwerte für den elektrischen Strom und die Spannung steuert die Zentraleinheit 52A bei einem Schritt S380 die Strömungen der den Brennstoffzellen 20A zugeführten Gase, damit ermöglicht wird, daß die Speicherbatterie 30A unter derartigen Bedingungen aufgeladen wird. Die Strömungen der den Brennstoffzellen 20A zugeführten Gase werden entsprechend der Stärken der Ausgangsleistungen aus den Brennstoffzellen 20A bestimmt. Die Steuerungseinheit 50A berechnet die zum Erhalt der bei dem Schritt S370 berechneten Sollausgangsleistungen erforderlichen Strömungen der Gase und steuert die darauf bezogenen Bestandteile der Brennstoffzelleneinheit 60A (vergl. Fig. 3) auf der Grundlage der Berechnung der Gasströmungen, damit tatsächlich die erforderlichen Gas mengen zugeführt werden. Die Brennstoffzellen 20A laden daraufhin die Speicherbatterie 30A unter den bei dem Schritt S370 bestimmten Ausgabebedingungen auf.

Nach Steuerung der Gasströmungen bei dem Schritt S380 kehrt das Programm zu dem Schritt S310 zum Empfang von Daten bezüglich der elektrischen Ströme I1 und I2 zurück und wiederholt die vorstehend beschriebene Verarbeitung. Die vorstehend beschriebene Verarbeitung der Bestimmung der Aufladebedingungen

für die Speicherbatterie 30A und Steuerung der Strömungen der den Brennstoffzellen 20A zugeführten Gase wird fortgesetzt, bis die Speicherbatterie 30A den ausreichenden Ladezustand annimmt, der entweder bei dem Schritt S320 durch die Tatsache, daß der elektrische Strom einen positiven Wert hat, oder durch die Tatsache bestimmt wird, daß bei dem Schritt S350 der Wert von  $I1/I0$  kleiner als der Referenzwert "x" ist. Auf diese Weise laden die Brennstoffzellen 20A kontinuierlich die Speicherbatterie 30A entsprechend den vorbestimmten Bedingungen auf. Wenn entweder bei dem Schritt S320 oder dem Schritt S350 bestimmt ist, daß sich die Speicherbatterie 30A in dem ausreichenden Ladezustand befindet, schaltet das Programm bei dem Schritt S360 das Relais 42A aus und verläßt die Routine.

In dem Fall, daß bestimmt wird, daß zum Zeitpunkt des Stoppens des Betriebs des Energieversorgungssystems 10A die Speicherbatterie 30A in einem unzureichenden Ladezustand ist, spezifiziert der Aufbau gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel die Soll-Aufladebedingungen für die Speicherbatterie 30A und betreibt die Brennstoffzellen 20A auf der Grundlage der spezifizierten Aufladebedingungen. Dieser Aufbau ermöglicht, daß der Aufladevorgang der Speicherbatterie 30A innerhalb einer kurzen Zeitdauer vor Stoppen des Energieversorgungssystems 10A abgeschlossen wird. Der Aufbau gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel ermöglicht außerdem, daß die Strömungen der Gase entsprechend den Aufladebedingungen den Brennstoffzellen 20A zugeführt werden. Dies verhindert wirksam, daß den Brennstoffzellen 20A unnötig Gas zugeführt wird und verhindert, daß an die Hilfsmaschinerie 34A, die zur Zufuhr der Gase zu den Brennstoffzellen 20A arbeitet, unnötig Leistung abgegeben wird.

Bei dem Energieversorgungssystem 10A gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel werden die Brennstoffzellen 20A in dem stationären Zustand bei Temperaturen betrieben, die auf einen vorbestimmten Bereich angestiegen sind, während die Brennstoffzellen 20A kontinuierlich die Speicherbatterie 30A zum Zeitpunkt des Stoppvorgangs des Energieversorgungssystems 10A aufladen. Da die Brennstoffzellen 20A in dem stabilen Zustand die Speicherbatterie 30A aufladen, kann das Energieversorgungssystem 10A gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel leicht die Zufuhr der Gase zu den Brennstoffzellen 20A aufgrund der Soll-Aufladebedingungen für die Speicherbatterie 30A berechnen und steuern.

Das Energieversorgungssystem gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel weist den identischen Aufbau wie den des Energieversorgungssystems 10A gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel auf. Gemäß einer möglichen Abänderung kann das Energieversorgungssystem gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel einen identischen Aufbau zu dem des Energieversorgungssystems 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel haben. Der Ladezustand der Speicherbatterie 30 kann nämlich durch die Restladungsüberwachungseinrichtung 46 wie einen Spannungssensor oder ein SOC-Meter erfaßt werden. In diesem Fall werden die Soll-Aufladebedingungen für die Speicherbatterie 30 entsprechend den Erfassungsergebnissen der Restladungsüberwachungseinrichtung 46 bestimmt, wobei die Strömungen der den Brennstoffzellen 20 zugeführten Gase zum Erhalt der vorbestimmten Aufladebedingungen gesteuert werden. Dieser Aufbau übt dieselben Wirkungen wie diejenigen gemäß dem vorstehend beschriebenen dritten Ausführungsbeispiel aus.

Gemäß allen vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel ist das Energieversorgungssystem an einem Fahrzeug angebracht und wird als Energiequelle zum Antrieb des Fahrzeugs verwendet. Die Belastung, an die das Energieversorgungssystem elektrische Leistung abgibt, ist jedoch nicht auf den Motor zum Antrieb des Fahrzeugs beschränkt. Der Aufbau gewährleistet den ausreichenden Aufladezustand der Speicherbatterie zum Zeitpunkt des Stoppvorgangs des Energieversorgungssystems, wodurch dieselben Wirkungen wie gemäß den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel bei einem nächsten Start des Energieversorgungssystems ausgeübt werden. Dies verhindert, daß die Brennstoffzellen in dem unzureichenden Aufwärmzustand einer übermäßigen Belastung ausgesetzt werden, die einen Spannungsabfall bei den Speicherzellen oder eine anormale Wärmeabgabe verursachen kann.

Wie vorstehend beschrieben, weist ein Energieversorgungssystem 10 mit einem Brennstoffzellenstapel 20 und einer Speicherbatterie 30 eine Restladungsüberwachungseinrichtung 46 zur Messung der Restladung der Speicherbatterie 30 auf. Die Restladungsüberwachungseinrichtung 46 erfaßt die Restladung der Speicherbatterie 30 zum Zeitpunkt eines Stoppvorgangs des Energieversorgungssystems 10. In dem Fall, daß die Restladung der Speicherbatterie 30 nicht größer als ein vorbestimmter Pegel ist, laden die Brennstoffzellen 20 kontinuierlich die Speicherbatterie 30 auf, bis die Restladung den vorbestimmten Pegel erreicht. Das Energieversorgungssystem 10 wird gestoppt, nachdem der Aufladevorgang der Speicherbatterie 30 vollendet worden ist. Beim nächsten Start des Energieversorgungssystems arbeitet die Speicherbatterie 30 als Hauptenergiequelle zum Abgeben elektrischer Leistung an eine Belastung, bis das Aufwärmen der Brennstoffzellen 20 abgeschlossen ist.

#### Patentansprüche

1. Energieversorgungssystem mit einem Brennstoffzellenstapel (20; 20A) und einer Speicherbatterie (30; 30A), wobei zumindest entweder der Brennstoffzellenstapel oder die Speicherbatterie elektrische Leistung an eine Belastung abgibt, gekennzeichnet durch eine Restladungserfassungseinrichtung (46; 47, 48) zur Erfassung einer Restladung der Speicherbatterie und eine Aufladeeinrichtung, die ermöglicht, wenn die durch die Restladungsüberwachungseinrichtung erfaßte Restladung der Speicherbatterie geringer als ein vorbestimmter erster Pegel zum Zeitpunkt eines Stoppvorgangs des Energieversorgungssystems (10) ist, daß der Brennstoffzellenstapel die Speicherbatterie auflädt, bis die Restladung der Speicherbatterie einen vorbestimmten zweiten Pegel erreicht.
2. Energieversorgungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Restladungserfassungseinrichtung (46) Strommeßeinrichtungen (47, 48) zum Messen von zumindest zweier elektrischer Ströme, die aus einem aus der Speicherbatterie (30A) ausgegebenen elektrischen Speicherbatteriestrom (12), einem aus dem Brennstoffzellenstapel (20A) ausgegebenen elektrischen Brennstoffzellenstrom (11) und einem gesamten elektrischen Strom (10), der die Summe des elektrischen Speicherbatteriestroms und des



elektrischen Brennstoffzellenstroms ist, ausgewählt sind, und  
eine Restladungsbestimmungseinrichtung (50A) zur Bestimmung der Restladung der Speicherbatterie auf der Grundlage der durch die Strommeßeinrichtungen gemessenen elektrischen Ströme aufweist.

3. Energieversorgungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufladeeinrichtung

eine Ausgabebedingungen-Spezifizierungseinrichtung zur Spezifizierung einer Ausgabebedingung des Brennstoffzellenstapels auf der Grundlage der durch die Restladungserfassungseinrichtung erfaßten Restladung der Speicherbatterie bei dem Aufladevorgang der Speicherbatterie durch den Brennstoffzellenstapel und

eine Energieerzeugungssteuerungseinrichtung zum Ermöglichen aufweist, daß der Brennstoffzellenstapel elektrische Energie aufgrund der durch die Ausgabebedingungen-Spezifizierungseinrichtung spezifizierten Ausgabebedingungen erzeugt.

4. Energieversorgungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufladeeinrichtung

eine Ausgabebedingungen-Spezifizierungseinrichtung zur Spezifizierung einer Ausgabebedingung des Brennstoffzellenstapels auf der Grundlage der durch die Restladungserfassungseinrichtung erfaßten Restladung der Speicherbatterie bei dem Aufladevorgang der Speicherbatterie durch den Brennstoffzellenstapel und

eine Energieerzeugungssteuerungseinrichtung zum Ermöglichen aufweist, daß der Brennstoffzellenstapel elektrische Energie aufgrund der durch die Ausgabebedingungen-Spezifizierungseinrichtung spezifizierten Ausgabebedingungen erzeugt.

5. Elektrisches Fahrzeug mit einem Motor, der durch elektrische Energie in Drehung versetzt wird, und einer Einrichtung zur Übertragung eines Drehmoments des Motors auf eine Achse, wodurch eine Antriebskraft erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß

das elektrische Fahrzeug ein daran angebrachtes Energieversorgungssystem (10; 10A) aufweist und das Energieversorgungssystem einen Brennstoffzellenstapel (20; 20A) sowie eine Speicherbatterie (30; 30A) aufweist, wobei zumindest entweder der Brennstoffzellenstapel oder die Speicherbatterie elektrische Leistung an den Motor (32; 32A) abgibt, wobei das Energieversorgungssystem

eine Restladungserfassungseinrichtung (46; 47, 48) zur Erfassung einer Restladung der Speicherbatterie und

eine Restladungserfassungseinrichtung (46; 47, 48) zur Erfassung einer Restladung der Speicherbatterie und

eine Aufladeeinrichtung aufweist, die ermöglicht, wenn die durch die Restladungsüberwachungseinrichtung erfaßte Restladung der Speicherbatterie geringer als ein vorbestimmter erster Pegel zum Zeitpunkt eines Stoppvorgangs des Energieversorgungssystems ist, daß der Brennstoffzellenstapel die Speicherbatterie auflädt, bis die Restladung der Speicherbatterie einen vorbestimmten zweiten Pegel erreicht.

6. Verfahren bei einem Energieversorgungssystem mit einem Brennstoffzellenstapel (20; 20A) und ei-

ner Speicherbatterie (30; 30A) zur Ermöglichung, daß der Brennstoffzellenstapel die Speicherbatterie auflädt, wobei zumindest entweder der Brennstoffzellenstapel oder die Speicherbatterie elektrische Leistung an eine Belastung (32, 34; 32A, 34A) abgibt,

gekennzeichnet durch

(a) Erfassen einer Restladung der Speicherbatterie und

(b) Ermöglichen, daß der Brennstoffzellenstapel kontinuierlich die Speicherbatterie auflädt, bis die Restladung der Speicherbatterie einen vorbestimmten zweiten Pegel erreicht, wenn zum Zeitpunkt eines Stoppvorgangs des Energieversorgungssystems die bei dem Schritt (a) erfaßte Restladung der Speicherbatterie niedriger als ein vorbestimmter erster Pegel ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt (a) die Schritte

(a-1) Messen von zumindest zwei elektrischen Strömen, die aus einem aus der Speicherbatterie (30A) ausgehenden elektrischen Speicherbatteriestrom (I2), einem aus dem Brennstoffzellenstapel (20A) ausgehenden elektrischen Brennstoffzellenstrom (I1) und einem gesamten elektrischen Strom (I0), der eine Summe des elektrischen Speicherbatteriestroms und des elektrischen Brennstoffzellenstroms ist, ausgewählt sind, und

(a-2) Bestimmen der Restladung der Speicherbatterie auf der Grundlage der bei dem Schritt (a-1) gemessenen elektrischen Ströme aufweist.

8. Verfahren nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt (b) die Schritte

(b-1) Spezifizieren einer Ausgabebedingung des Brennstoffzellenstapels auf der Grundlage der bei dem Schritt (a) erfaßten Restladung der Speicherbatterie bei dem Aufladevorgang der Speicherbatterie durch den Brennstoffzellenstapel und

(b-2) Ermöglichen, daß der Brennstoffzellenstapel elektrische Energie auf der Grundlage der bei dem Schritt (b-1) spezifizierten Ausgabebedingung erzeugt, aufweist.

9. Verfahren nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt (b) die Schritte

(b-11) Spezifizieren einer Ausgabebedingung des Brennstoffzellenstapels auf der Grundlage der bei dem Schritt (a) erfaßten Restladung der Speicherbatterie bei dem Aufladevorgang der Speicherbatterie durch den Brennstoffzellenstapel und

(b-12) Ermöglichen, daß der Brennstoffzellenstapel elektrische Energie auf der Grundlage der bei dem Schritt (b-11) spezifizierten Ausgabebedingung erzeugt, aufweist.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

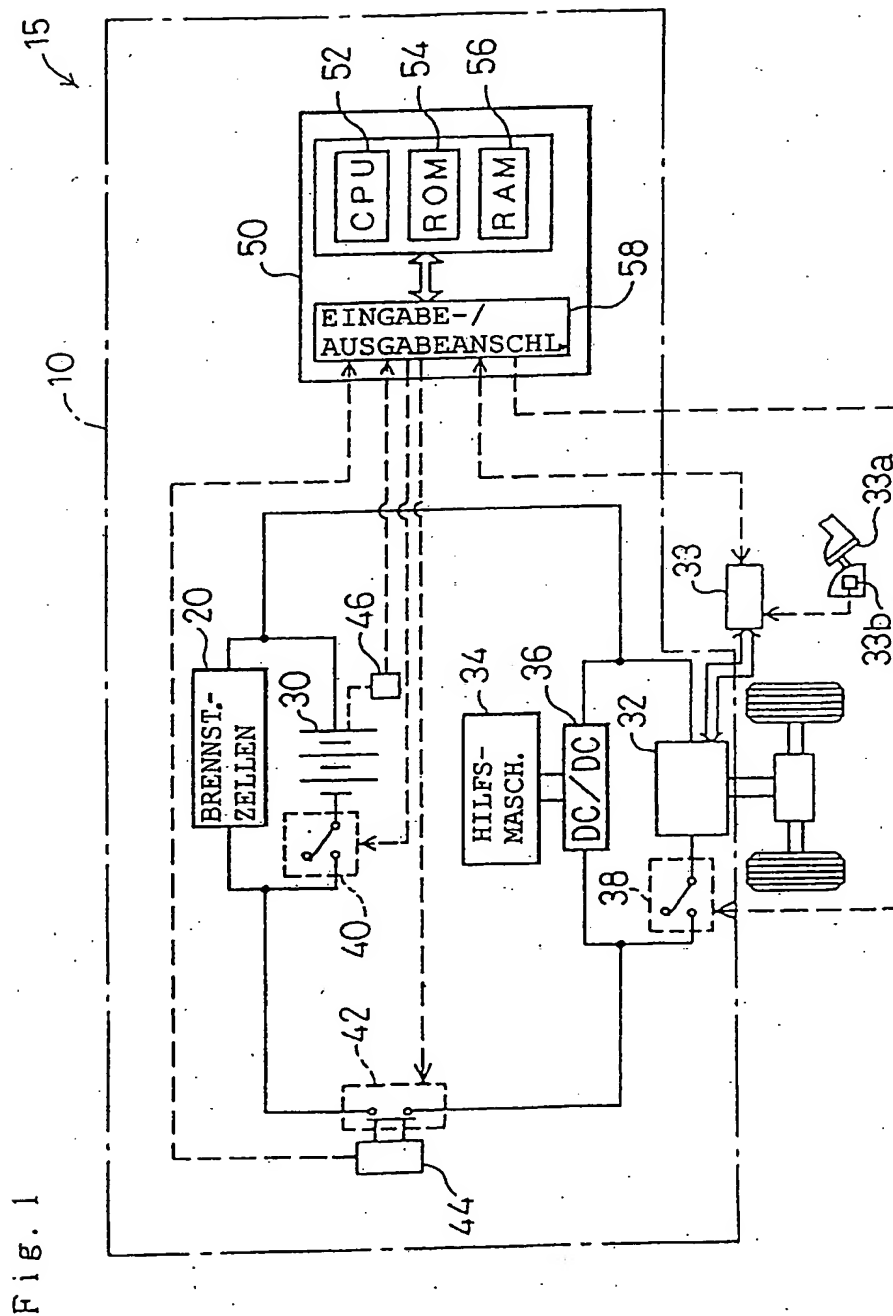


Fig. 2

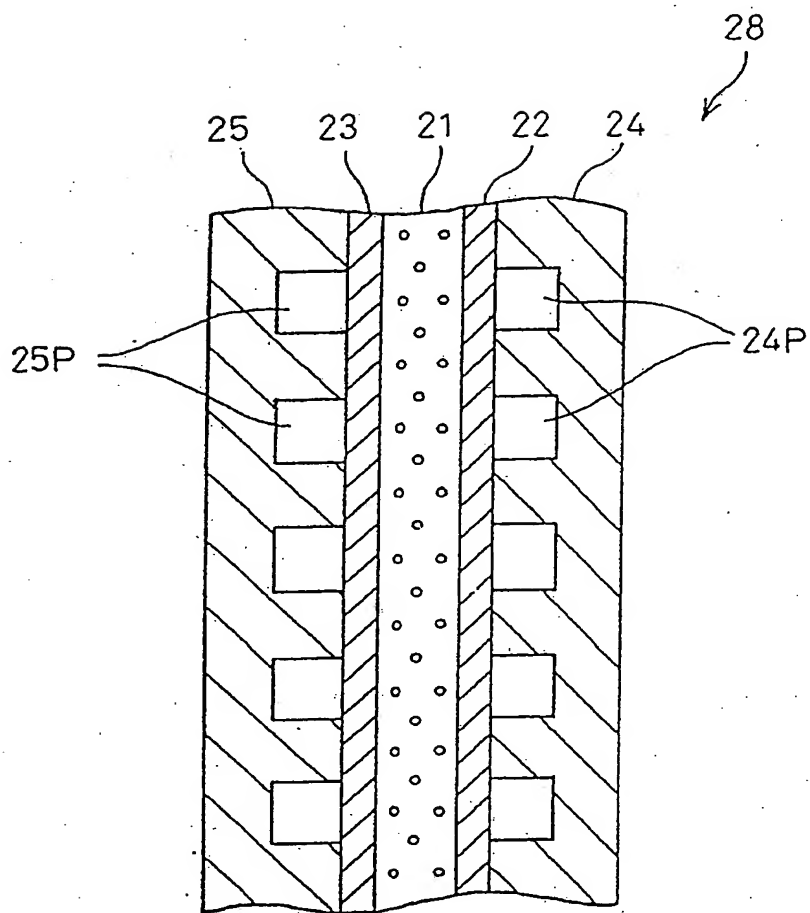


Fig. 3

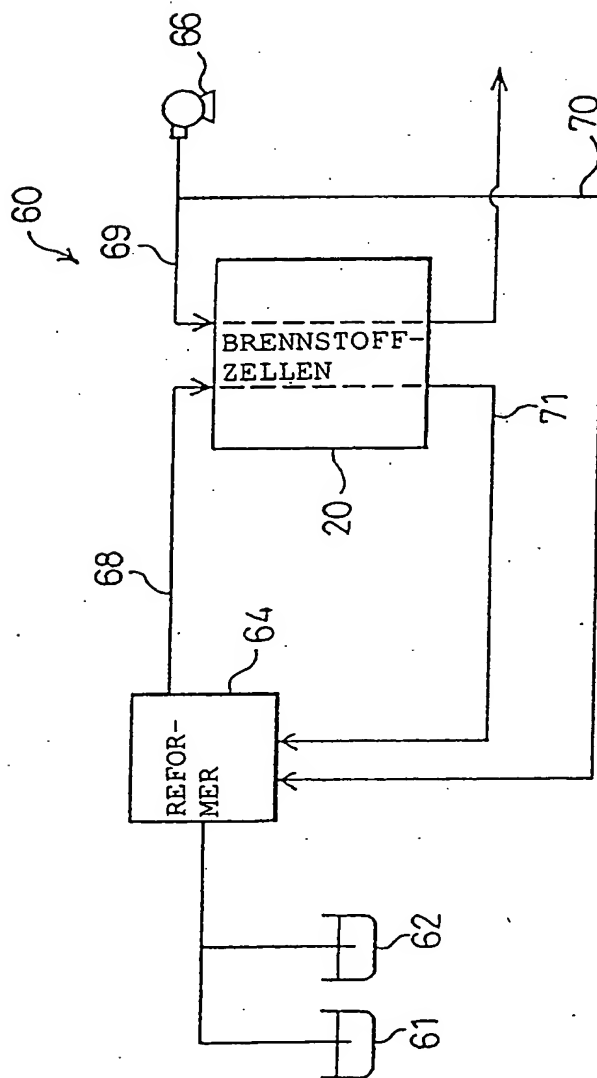


Fig. 4

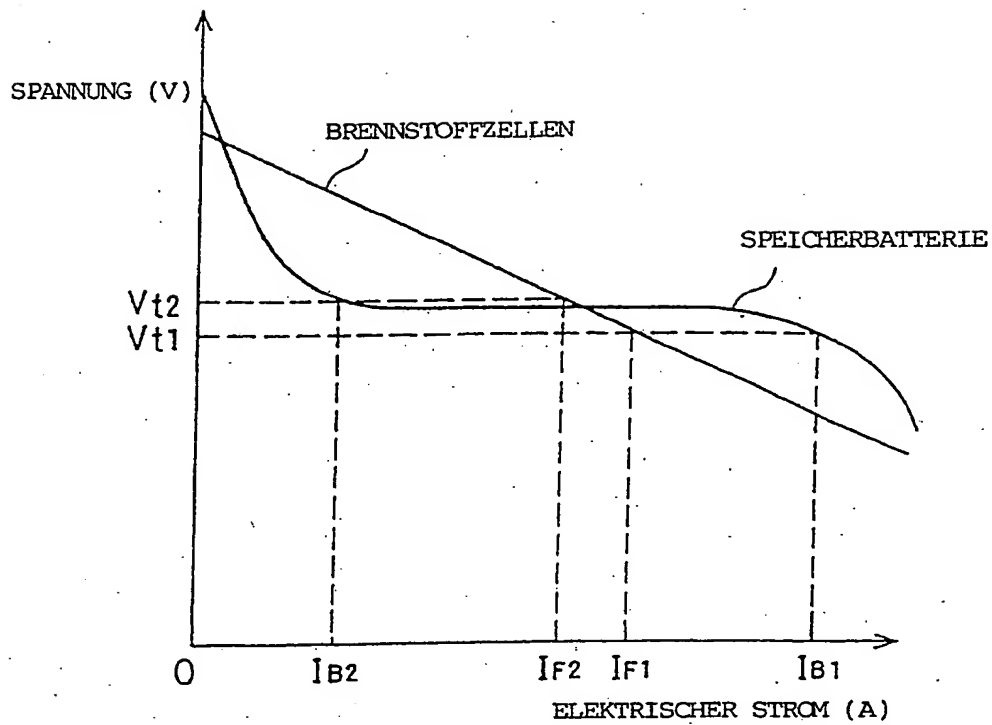




Fig. 5

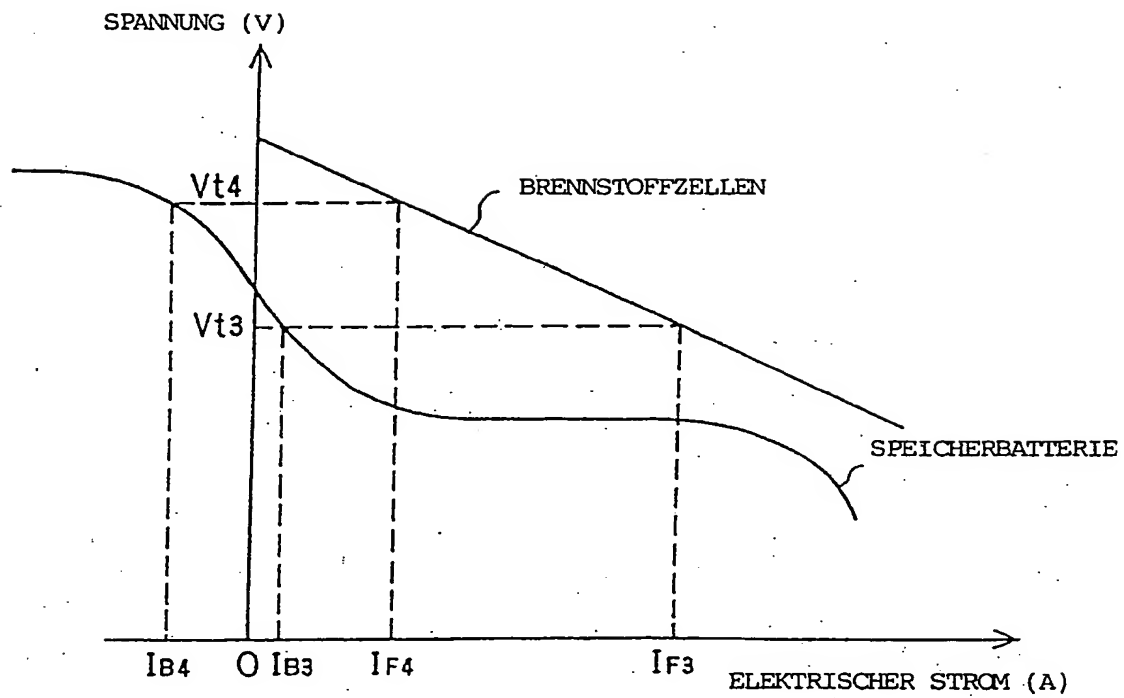


Fig. 6

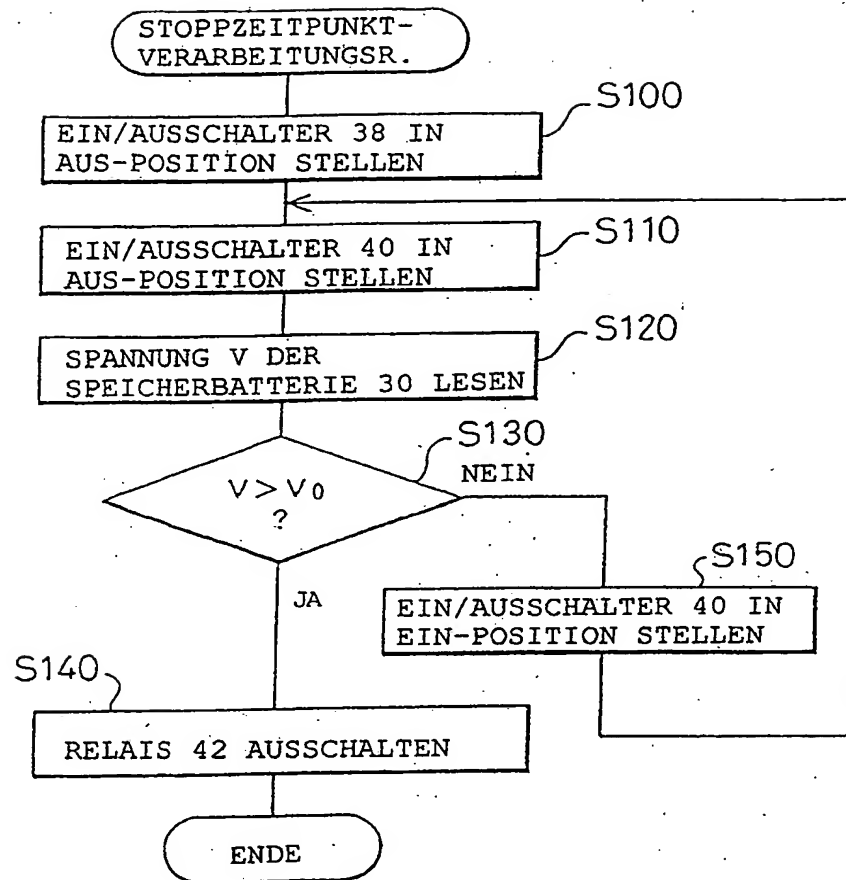


Fig. 7

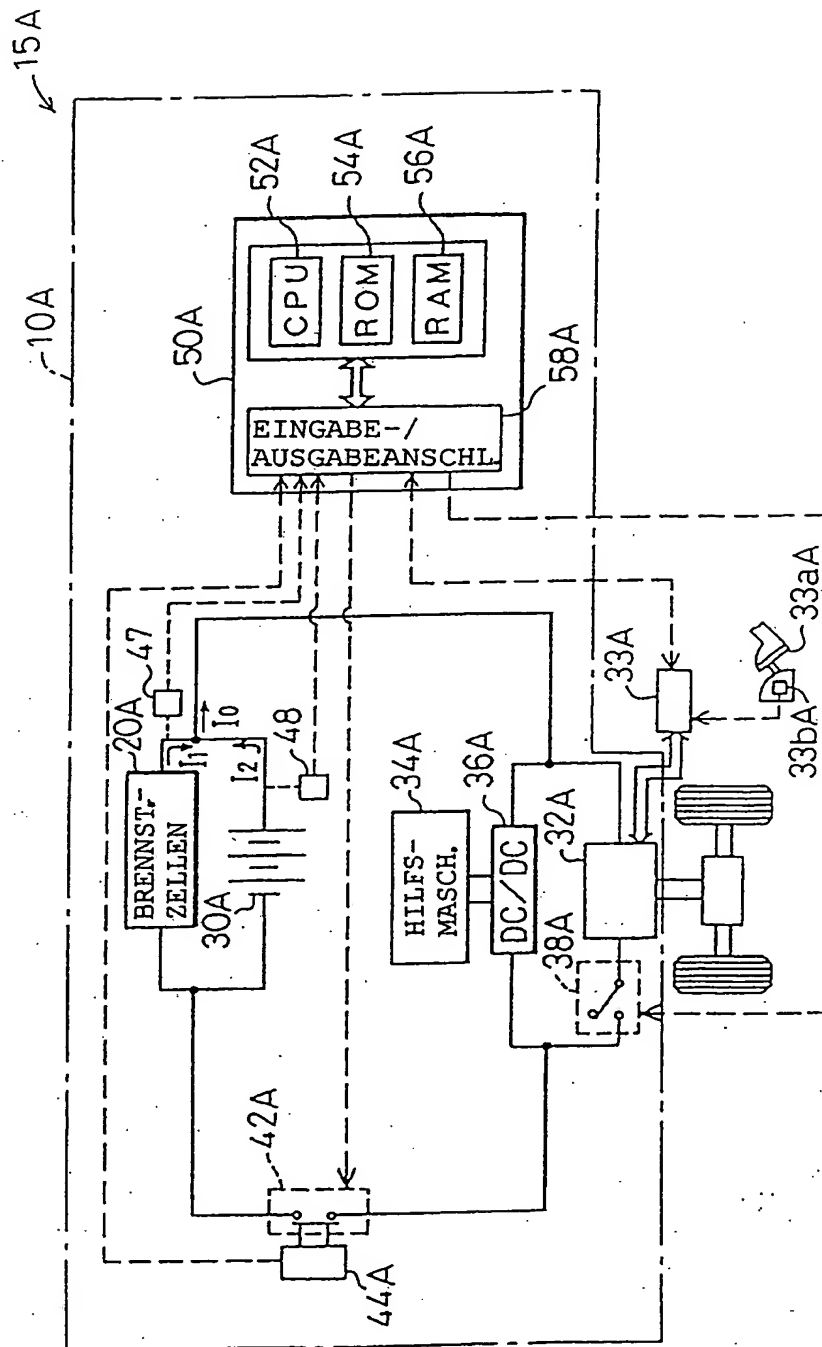


Fig. 8

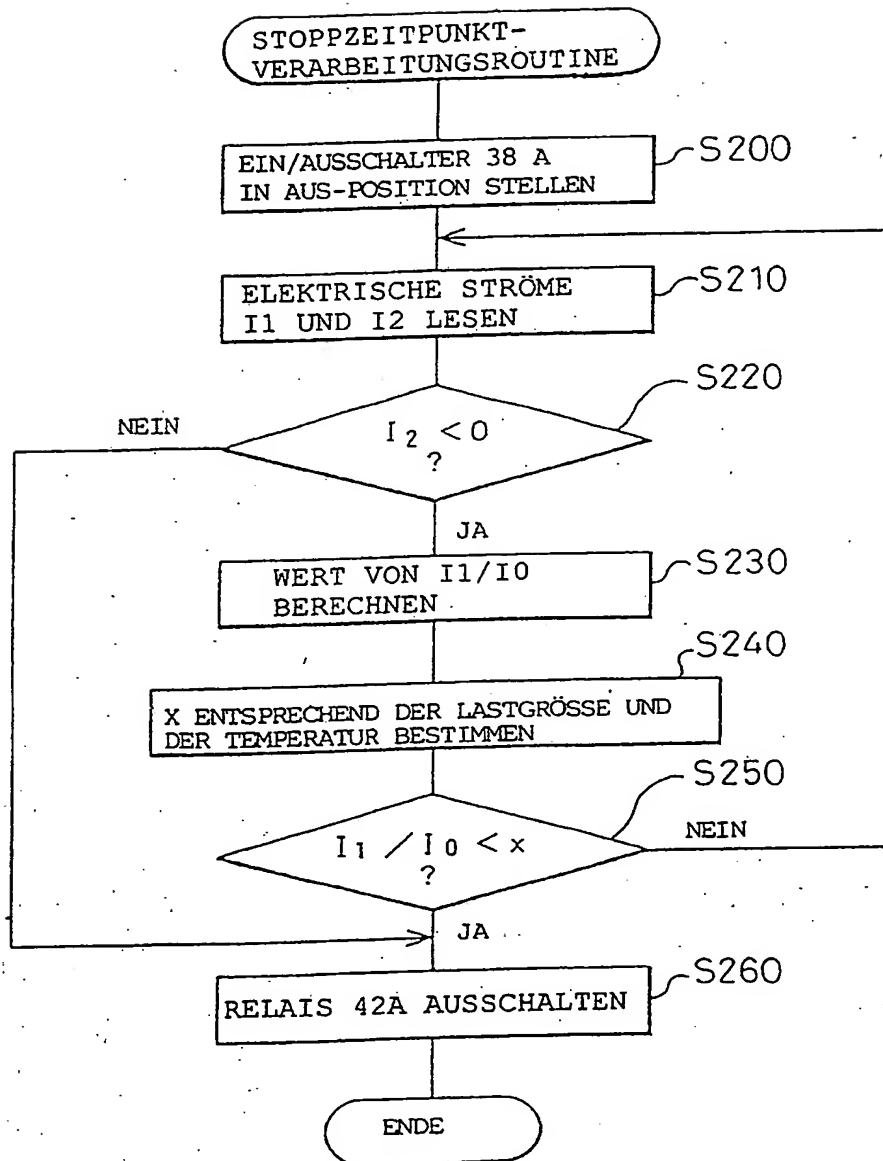


Fig. 9

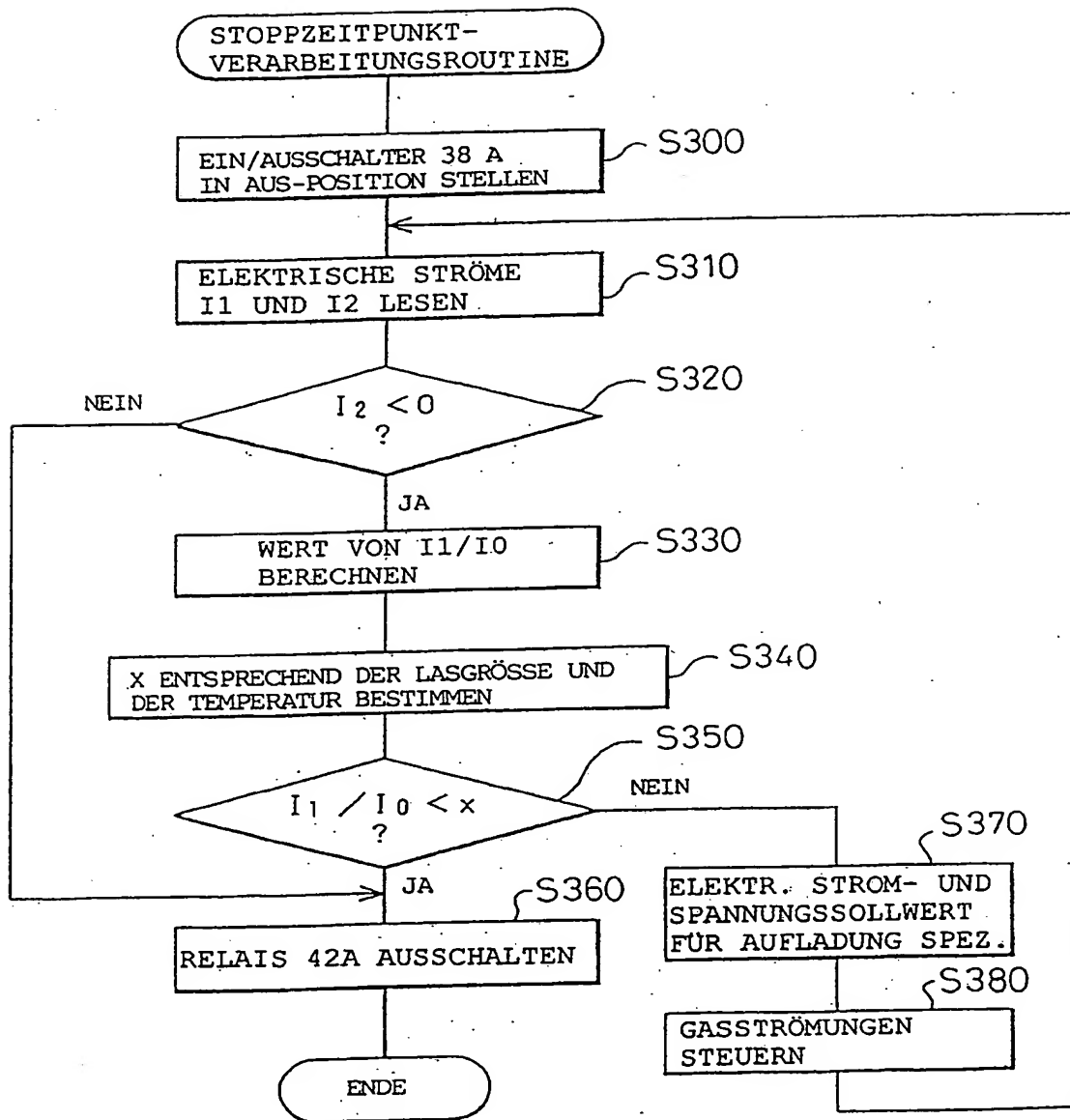




Fig. 10

